

UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE PSICOLOGIA E DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO



DISSERTAÇÃO

**Robótica e Resolução de Problemas: Uma Experiência com o
Sistema *Legó Mindstorms* no 12º ano**

Mário Marcelino Luís de Melo

**CICLO DE ESTUDOS CONDUCENTE AO GRAU DE MESTRE EM
CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO**

Área de especialização em Tecnologias Educativas

2009

UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE PSICOLOGIA E DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO



DISSERTAÇÃO

**Robótica e Resolução de Problemas: Uma Experiência com o
Sistema *Lego Mindstorms* no 12º ano**

Mário Marcelino Luís de Melo

Orientadora: Professora Doutora Guilhermina Lobato Miranda

Co-orientadora: Professora Doutora Gilda Soromenho Pereira

**CICLO DE ESTUDOS CONDUCENTE AO GRAU DE MESTRE EM
CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO**

Área de especialização em Tecnologias Educativas

2009

AGRADECIMENTOS

Este trabalho simboliza a concretização de um projecto de formação pessoal e profissional muito importante que se tornou possível com o apoio e envolvimento de várias pessoas a quem agradeço desde já.

À Professora Doutora Guilhermina Lobato Miranda, orientadora da dissertação, pelo interesse e disponibilidade manifestados, pelas suas sempre pertinentes sugestões e pela amizade demonstrada.

À Professora Doutora Gilda Soromenho Pereira, co-orientadora da dissertação, pelo apoio e interesse demonstrados.

À Dr.^a Isabel Soares, por ter proporcionado todas as condições necessárias à realização da investigação.

Ao Dr. Pedro Gil, pelo entusiasmo e envolvimento no quotidiano da investigação.

Aos alunos participantes da investigação que abraçaram o projecto de robótica deste o seu início.

À equipa do Projecto Ciência Viva do Departamento de Informática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa que me despertou o interesse pela robótica.

À Celina, pelo incentivo, pela inspiração e pelas suas reflexões que me permitiram conduzir o trabalho com empenho e dedicação. Pela compreensão e paciência demonstradas nos meus momentos de ausência.

RESUMO

A integração da robótica e da resolução de problemas no currículo do Ensino Secundário constitui o ponto de partida desta investigação. Assim, procurámos avaliar o impacto da utilização da robótica no processo de ensino e aprendizagem baseado na resolução de problemas e na capacidade de planeamento dos alunos.

Foi desenvolvida uma experiência ao longo de um ano lectivo em que os sujeitos tinham de resolver um conjunto de problemas de robótica. Para a avaliação do impacto deste ambiente educativo, optámos por uma metodologia experimental com *design* quase-experimental, com descrição do processo; os instrumentos de recolha de dados usados nos pré e pós-teste foram uma Prova de Planeamento concebida para este trabalho e a Escala Colectiva de Desenvolvimento Lógico (ECDL). Para a descrição do processo recorremos à entrevista semi-dirigida, à observação participante, à análise documental e a um questionário sobre a relação entre a robótica e a Física.

Os resultados da investigação revelaram que o grupo experimental sofreu uma evolução significativa (a 10%) ao nível do planeamento ($p\text{-value} = 0,063$), o que não se verificou para o grupo de controlo ($p\text{-value} = 0,426$). Quanto à descrição do processo de resolução dos problemas, verificámos, pela análise dos dados, que os sujeitos usam uma estratégia que corresponde à sequência: representação do problema, estabelecimento do plano, experimentação da proposta de solução, observação/análise do comportamento do robô e tomada de uma decisão sobre a reformulação do plano ou o avanço para uma nova etapa. Ao nível da relação entre a robótica e a Física, o estudo mostrou que os sujeitos do grupo experimental tendem a identificar os conceitos/leis da Física de forma coerente com cada problema de robótica ensaiado.

Palavras-chave: Resolução de problemas, robótica e planeamento.

ABSTRACT

This research study sets out to focus on the inclusion of robotics and problem-solving in the secondary education curriculum. Thus, we have tried to evaluate the impact of using robotics in the teaching and learning process, through problem-solving and students' ability to plan.

An experiment was carried out over the course of an academic year, where participants had to resolve a number of robotic problems. In order to assess the impact of such an educational environment, we chose an experimental methodology with a quasi-experimental design and a description of the process. A Planning Test drawn up for this project and the Collective Scale of Logic Development were the data collection instruments used in the pre and post tests. For the process description, we used semi-structured interviews, participant observation, document analysis and a questionnaire on the relationship between robotics and physics.

The research findings showed that the experimental group evolved significantly (10%) in terms of planning ($p\text{-value} = 0,063$), which was not the case with the control group ($p\text{-value} = 0,426$). As for the description of the problem-solving process, through our analysis of the data we found that the individuals use a strategy equal to a sequence: representation of the problem, experimentation of the solution proposal, observation/analysis of the robot's behaviour and a decision with regard to a plan reformulation or moving on to a next stage. As far as the relationship between robotics and physics is concerned, the study showed that those in the experimental group tend to identify the concepts/laws of physics in a coherent manner, having tested each robotic problem.

Key-words: Problem-solving, robotics and planning.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1 – RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	5
Problemas	5
Tipos de Problemas	7
Modelos de Resolução de Problemas	7
Modelos de Natureza Descontínua	8
Modelos de Natureza Contínua	12
Planeamento e a Resolução de Problemas	15
CAPÍTULO 2 – ROBÓTICA EDUCACIONAL	18
Construcionismo	18
O que é a Robótica	20
Robótica Educacional	20
Potencialidades Educativas da Robótica	21
Enquadramento da Robótica no Ensino Secundário	23
Sistema Lego Minstorms	24
Hardware	24
O Brick	25
Os Sensores	26
Os Motores	27
Software	27
CAPÍTULO 3 – ROBÓTICA E A INVESTIGAÇÃO EDUCATIVA	31
CAPÍTULO 4 – PROBLEMAS DE ROBÓTICA	35
Contextualização dos Problemas	35

Descrição do Processo de Construção dos Problemas	36
CAPÍTULO 5 – METODOLOGIA	39
Objectivos e Questões de Investigação	39
Enquadramento Teórico da Metodologia de Investigação	40
Abordagem Quantitativa – Metodologia Experimental	41
Descrição do Processo (Abordagem Qualitativa)	45
Desenho da Investigação	46
Fundamentação Teórica dos Instrumentos de Recolha de Dados	47
Prova de Planeamento	47
Escala Colectiva de Desenvolvimento Lógico (ECDL)	48
Questionário sobre a Relação entre a Robótica e a Física	50
Observação	50
Análise Documental	51
Entrevista	52
Análise de Conteúdo	54
Participantes	56
Procedimento Metodológico	57
Formulação das Hipóteses	60
CAPÍTULO 6 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	
EXPERIMENTAIS	63
Estudo da Variável Nível de Pensamento Lógico	67
Estudo da Variável Nível de Planeamento	72
Estudo da Variável Duração da Prova de Planeamento	82

CAPITULO 7 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS DA	
DESCRIÇÃO DO PROCESSO	89
Resultados das Entrevistas	89
Resultados das Notas de Campo	100
Análise dos Protocolos Experimentais	102
Conceptualização do Modelo de Resolução de Problemas	105
Análise do Questionário “Relação entre a Robótica e a Física”	108
CONCLUSÕES	118
Limitações do Estudo	122
Sugestões para Trabalhos Futuros	125
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
ANEXOS	135
Anexo I – Problemas de Robótica	136
Anexo II – Ficha de Registo do Processo	146
Anexo III – Escala Colectiva de Desenvolvimento Lógico (ECDL)	149
Anexo IV – Prova de Planeamento	170
Anexo V – Questionário: Relação entre a Robótica e a Física	176
Anexo VI – Guião de Entrevista Semi-Estruturada	180

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Representação da interacção entre o exterior e a memória através do sistema de processamento de informação (adaptado de Newell, 1966)	13
Figura 2.	Considerações que o solucionador do problema pode ter quando se encontra numa posição da resolução do problema	14
Figura 3.	Brick do kit LEGO Mindstorms NXT (Mindstorms NXT, 2008)	25
Figura 4.	Esquema do motor usado no kit LEGO Mindstorms NXT (Mindstorms NXT, 2008)	27
Figura 5.	Imagem capturada directamente da plataforma de programa Lego Mindstorms education NXT	27
Figura 6.	Exemplo de programação de um comportamento (imagem capturada no ecran)	30
Figura 7.	Esquema do guião de entrevista semi-estruturada utilizada na investigação, de acordo com as indicações de Estrela (2004)	53
Figura 8.	Esquema do procedimento metodológico da investigação	58
Figura 9.	Resultados obtidos pelos dois grupos na ECDL nos pré e pós teste	64
Figura 10.	Nível de planeamento obtido pelos grupos experimental e de controlo na prova de planeamento, nos pré e pós teste	65
Figura 11.	Duração da prova de planeamento para os grupos experimental e de controlo nos pré e pós teste	66
Figura 12.	Diagrama de extremos e quartis para a variável nível de planeamento para os dois grupos nos pré e pós-teste	76
Figura 13.	Diagrama de extremos e quartis para a variável duração da prova de planeamento para os dois grupos nos pré e pós-teste	82

Figura 14.	Subcategorias da representação do problema	90
Figura 15.	Subcategorias do “planeamento”	92
Figura 16.	Subcategorias das “opiniões”	96
Figura 17.	Sequência de imagens correspondentes ao exemplo 1	103
Figura 18.	Imagem do protótipo referente ao exemplo 2	104
Figura 19.	Conceptualização do modelo de resolução de problemas usado pelos alunos	105
Figura 20.	Número de alunos que identificam os conceitos/leis de Dinâmica por desafio	112
Figura 21.	Número de alunos que identificam os conceitos/leis de Electromagnetismo por desafio	113
Figura 22.	Número de alunos que identificam os conceitos /leis de Energia por desafio	113
Figura 23.	Número de alunos que identificam os conceitos/leis sobre Ondas por desafio	114
Figura 24.	Número de alunos que identificam os conceitos/leis de Cinemática por desafio	115
Figura 25.	Número de alunos que identificam os conceitos associados à Física Moderna por desafio	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.	Perspectivas de alguns autores sobre a resolução sequenciada de problemas	8
-----------	---	---

Quadro 2.	Descrição sumária dos sensores utilizados no kit LEGO Mindstorms NXT (Mindstorms NXT, 2008)	26
Quadro 3.	Resumo das tarefas desenvolvidas para o ambiente experimental	36
Quadro 4.	Caracterização da ECDL	49
Quadro 5.	Estádios de desenvolvimento lógico de acordo com a ECDL (Adaptado de Hornemann, 1979, p.83, citado em Carvalho, 2001)	49
Quadro 6.	Variáveis medidas nos pré e pós teste, escala e notação utilizada no texto	63
Quadro 7.	Ajuste à normalidade da variável ECDL	68
Quadro 8.	Teste de homogeneidade de variâncias para as variáveis ECDL_pré e ECDL_pós	68
Quadro 9.	Resultados da estatística descritiva para as variáveis ECDL_pré e ECDL_pós para os dois grupos	69
Quadro 10.	Resultados do teste t-student para a igualdade de médias das variáveis ECDL_pré e ECDL_pós	70
Quadro 11.	Correlação de Pearson entre as variáveis ECDL_pré e ECDL_pós para o grupo experimental	70
Quadro 12.	Resultados do teste t-Student para as variáveis ECDL_pré e ECDL_pós para o grupo experimental	71
Quadro 13.	Correlação de Pearson entre as variáveis ECDL_pré e ECDL_pós para o grupo de controlo	71
Quadro 14.	Resultados do teste t-Student para as variáveis ECDL_pré e ECDL_pós para o grupo de controlo	71
Quadro 15.	Dimensão dos grupos, média das ordens e soma das ordens.	73

Quadro 16.	Resultados do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney, para a variável nível de planeamento no pré-teste para os grupos experimental e de controlo	73
Quadro 17.	Estatística descritiva para a variável nível de planeamento no grupo experimental	74
Quadro 18.	Estatística descritiva para a variável nível de planeamento no grupo de controlo	75
Quadro 19.	Relação entre ordens para o grupo experimental	77
Quadro 20.	Relação entre ordens para o grupo de controlo	77
Quadro 21.	Resultados do teste de Wilcoxon aplicado à variável nível de planeamento para o grupo experimental	78
Quadro 22.	Resultados do teste de Wilcoxon aplicado à variável nível de planeamento para o grupo de controlo	78
Quadro 23.	Resultados das diferenças e números de ordem para o grupo experimental ($n=10$; $T^+=36$)	80
Quadro 24.	Resultados das diferenças e números de ordem para o grupo experimental. ($n=8$; $T^+=14$)	81
Quadro 25.	Resultados para o ajuste à normalidade da variável duração da prova de planeamento e respectiva estatística descritiva para o grupo experimental	84
Quadro 26.	Resultados para o ajuste à normalidade da variável duração da prova de planeamento e respectiva estatística descritiva para o grupo de controlo	84
Quadro 27.	Resultados do teste t-Student aplicado à variável duração da prova de planeamento para o grupo experimental	85

Quadro 28.	Resultados do teste t-Student aplicado à variável duração da prova de planeamento para o grupo de controlo	85
Quadro 29.	Comparação da duração da prova de planeamento para o grupo experimental e de controlo no pré-teste	86
Quadro 30.	Comparação da duração da prova de planeamento para os grupos experimental e de controlo no pós-teste	86
Quadro 31.	Representação	91
Quadro 32.	Planeamento	93
Quadro 33.	Opiniões	97
Quadro 34.	Categorias emergentes das notas de campo	100
Quadro 35.	Distribuição das unidades de registo (das notas de campo) por categoria	101
Quadro 36.	Número total de alunos que identificam cada conceitos/leis por desafio	109
Quadro 37.	Divisão dos conceitos/leis por domínios da Física	111

INTRODUÇÃO

A robótica é vista como um instrumento para o desenvolvimento quer de competências transversais, como a resolução de problemas, quer de competências específicas relacionadas com áreas como a Física ou Matemática. Para além destas potencialidades considerámos que se trata de uma metodologia de trabalho apelativa e aliciante para os alunos. Vários são os estudos que têm mostrado que a introdução da robótica na Educação é uma mais valia para o currículo (Danis & Hubert, 2001; Hacker, 2003; Varnado, 2005; Lindh & Holgersson, 2007).

A investigação decorreu numa escola de ensino particular da região de Lisboa com alunos do curso de Ciências e Tecnologias do 12º ano na disciplina de Área de Projecto. Portanto, usou-se uma amostra seleccionada de forma não aleatória constituída por dois grupos: grupo experimental com dez alunos do sexo masculino que tinham como opção no 12º ano a disciplina de Física e o grupo de controlo com dez alunos também do sexo masculino que tinham como opção no 12º ano a disciplina de Biologia. Ao longo do ano lectivo, na disciplina de Área de Projecto o grupo experimental trabalhou em projectos de robótica utilizando o *kit educacional* da *Lego Minstorms* e o grupo de controlo trabalhou em projectos na área da Biologia.

O objectivo central do trabalho foi avaliar o impacto da utilização da robótica no processo de ensino e aprendizagem baseado na resolução de problemas e na capacidade de planeamento dos alunos. O interesse pela capacidade de planear está relacionado com o facto de, segundo a Psicologia Cognitiva, esta competência depois de ser adquirida por um indivíduo poder ser usada em diferentes contextos e tarefas, isto é, um indivíduo que tenha esta capacidade desenvolvida torna-se melhor solucionador de problemas num sentido mais

lato. Ou seja, segundo vários autores, se esta competência for bem treinada e adquirida, pode ocorrer um processo de reutilização em contextos de natureza completamente diferente (Pea & Kurland, 1983; Miranda, 1998). Partindo do objectivo geral foram definidos os objectivos específicos e as questões que guiaram a investigação, cuja formulação se encontra no capítulo da metodologia (capítulo 5).

Para o desenvolvimento da investigação utilizámos uma metodologia experimental com *design* quase-experimental, com descrição do processo no qual foram aplicados instrumentos de recolha de dados de natureza qualitativa. Foi concebido um ambiente em que os alunos do grupo experimental tinham de resolver problemas de robótica (descritos no capítulo 5). Assim, como variável independente temos o ambiente experimental de robótica e como variável dependente o nível de planeamento dos alunos, medido com a Prova de Planeamento através das variáveis nível de planeamento e duração da prova de planeamento. Usou-se como variável de controlo o nível de pensamento lógico dos alunos, através da aplicação da Escala Colectiva de Desenvolvimento Lógico (ECDL).

Como instrumentos de recolha de dados usámos nos pré e no pós-teste (para os dois grupos) uma Prova de Planeamento concebida para este estudo, para avaliar o nível de planeamento dos sujeitos e a ECDL para avaliar o nível de pensamento lógico dos sujeitos. Para a descrição do processo optámos pela utilização de entrevistas semi-dirigidas, pela elaboração de notas de campo e pela passagem do questionário sobre a relação entre a robótica e a Física, elaborado especificamente para a investigação.

A dissertação encontra-se estruturada da seguinte forma: três capítulos de cariz teórico, quatro capítulos dedicados ao trabalho empírico e por último as principais conclusões da investigação.

No capítulo 1 fazemos referência à literatura consultada sobre problemas e resolução de problemas. Começamos por analisar as perspectivas do conceito de problema, bem como as diferentes tipologias de problemas, terminando com a apresentação de alguns modelos teóricos para o processo de resolução de problemas.

No capítulo 2 fazemos um enquadramento da teoria da aprendizagem subjacente à robótica educativa – o construcionismo, bem como, a clarificação do conceito de robótica em geral, para depois o enquadrar em contexto educativo, referindo as suas potencialidades quando aplicadas no Ensino Secundário. Por último, descrevemos o *hardware* e *software* do *kit* de robótica educativa que se usou nesta investigação – o sistema LEGO *Mindstorms* NXT.

No capítulo 3, designado por Robótica e a Investigação Educativa, analisamos alguns trabalhos de investigação relacionados com a robótica, a nível internacional e nacional que incidiram sobre a robótica e resolução de problemas em geral e em particular no ensino da Física.

O capítulo 4, com o título Problemas de Robótica, é dedicado à descrição do processo de construção dos problemas de robótica que foram apresentados aos alunos durante a investigação.

No capítulo 5, dedicado à Metodologia, formulamos os objectivos específicos e as questões de investigação, assim como a fundamentação teórica da metodologia e dos instrumentos de recolha de dados. Por último descrevemos o procedimento metodológico efectuado.

No capítulo 6, fazemos a apresentação dos dados e o seu tratamento estatístico, dos pré e pós-teste, para as variáveis nível de pensamento lógico, nível de planeamento e duração da prova de planeamento, assim como tecemos as principais inferências deste procedimento.

O capítulo 7 é dedicado à apresentação e análise dos dados referentes à descrição do processo de resolução dos problemas de robótica, com a elaboração de um modelo de resolução de problemas emergente da análise dos dados. Ainda neste capítulo apresentamos as principais conclusões do tratamento dos resultados do questionário sobre a relação entre a robótica e a Física.

Por último apresentamos as principais conclusões da nossa investigação.

CAPÍTULO 1 - RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Problemas

No quotidiano usamos muitas vezes o termo “problema” para designar um leque alargado de situações ou tarefas. Trata-se, pois, de um termo que envolve alguma polissemia.

Vergnaud considera que “é problema tudo o que de uma maneira ou de outra implica da parte do sujeito a construção de uma resposta ou de uma acção que produza um certo efeito” (citado por Boavida, 1993, p. 101). Lester (1983, citado em Lopes, 2002) define um problema como sendo uma tarefa para a qual o indivíduo ou grupo de indivíduos deseja encontrar uma solução, sem que haja um procedimento pronto e acessível que garanta o acesso à solução. Berhr, Harel, Post e Lesh (1992), consideram que um problema é uma situação para a qual o indivíduo pretende encontrar uma solução e não dispõe de meios imediatos para o fazer. Segundo Shoerenfeld (1985) o problema é visto como uma relação entre o indivíduo e uma tarefa, para a qual o sujeito sente dificuldade em resolver. Na perspectiva de Fisher (1992, citado em Lopes, 2002), o problema é considerado como uma tarefa, inserida num determinado contexto, que implica um certo conjunto de condições e informações. Estas permitem que se atinja uma meta, que pode não ser alcançada directa ou imediatamente, dado que existem obstáculos, que podem não ser evidentes de ultrapassar. Holyoak (1995, citado por Sternberg, 2003), afirma que, de uma forma geral, um problema surge quando temos uma meta (um estado que se pretende atingir) e que não é imediata a visualização da trajectória a seguir.

Ainda neste contexto, Polya (1981), faz a distinção entre o problema em si e o processo de resolução do mesmo. Para este autor, uma pessoa tem um problema quando

procura conscientemente uma certa acção apropriada para obter um objectivo claramente concebido, mas não atingível de uma forma imediata. Assim, é a partir desta acção que se desenrola o processo de resolução do problema.

Assim sendo, usando as palavras de Neto (1998), um problema “é uma situação que impõe dificuldades para a qual não se conhece à partida solução nem se sabe se ela existirá” (p.47). Estas dificuldades implicam a existência de uma interrupção entre um estado cognitivo actual e o estado cognitivo que se pretende alcançar, sem se ter conhecimento à partida do caminho a percorrer (Hayes, 1989). Esta interrupção gera um desequilíbrio entre dois estados de conhecimento (actual e o que se pretende atingir com a resolução do problema), é um factor preponderante para activar mecanismos motivacionais que contribuem para que um indivíduo tente resolver um problema. Neste sentido, podemos afirmar que aquilo que é um problema para uma pessoa pode não o ser para outra (Fisher, 1992, citado por Lopes, 2002).

Das definições de problema apresentadas podemos vislumbrar duas perspectivas: uma em que podemos definir um problema tomando como referência a relação do indivíduo com a situação, neste caso o foco de análise é o indivíduo e outra baseada nas características da tarefa, sendo neste caso o foco a própria tarefa. Por um lado, na primeira perspectiva podemos identificar que a necessidade que o indivíduo tem de solucionar o problema é a essência do problema. Já, de acordo com a segunda perspectiva uma situação é ou não um problema de acordo com a existência ou não de certas características subjacentes à tarefa. Realçamos ainda que estas duas perspectivas podem existir em simultâneo.

Tipos de Problemas

Existem dois tipos de problemas: os que são considerados bem-estruturados (*well-structured*) e os que são considerados mal-estruturados (*ill-structured*). Os problemas bem-estruturados são aqueles em que os objectivos, o caminho para a solução e os obstáculos para se atingir a solução estão contidos no enunciado do problema; por outras palavras, estes problemas são apresentados com toda a informação necessária, tendo respostas convergentes e processos únicos de solução (Simon, 1978). Deste tipo temos o exemplo de problemas de Matemática e Física que envolvam relações lineares. Pelo contrário, os problemas mal-estruturados são caracterizados pela falta de clareza/objectividade entre os objectivos e o caminho a seguir para a sua resolução, isto é, podem ter várias soluções e múltiplos processos de resolução que dependem da percepção do solucionador (Hong, 2000).

Modelos de Resolução de Problemas

Em termos gerais podemos dizer que um dos aspectos que mais influencia a resolução de problemas é a forma como esta é introduzida no ensino. Pelo que, este facto tem sido alvo de interesse por parte de muitos investigadores, tendo sido sugeridos vários modelos de resolução de problemas. Nesta fase iremos fazer referência a modelos de resolução, destacando os seus aspectos mais relevantes.

De uma forma geral, a resolução de problemas envolve processos que implicam pensamento divergente (Varnado, 2005). Estes processos dizem respeito a operações mentais que os solucionadores de problemas empregam para pensarem sobre a representação dos objectivos do problema e, assim, encontrar a solução (André, 1996 citado em Varnado, 2005). Neste campo conceptual temos como exemplos os trabalhos de Andreson (1980), Hayes (1981), Mayer (1983), Newell e Simon (1972), André (1986) (citados em Varnado,

2005). De uma forma sumária, considera-se que existem quatro processos diferentes para a resolução de problemas: produção de informação ou de esquemas mentais na memória de longo prazo, heurísticas, algoritmia e pensamento analógico. Estes processos podem ser englobados em modelos com carácter descontínuo ou faseado (heurísticas e algoritmia) ou em modelos de carácter contínuo, onde se enquadram os modelos de processamento de informação.

Modelos de Natureza Descontínua

Existem vários estudos sobre a natureza e os mecanismos de resolução de problemas. Estes podem ser classificados em mecanismo de natureza descontínua, em que o processo de resolução do problema é constituído por fases autónomas e sequenciadas, ou mecanismos de natureza contínua em que não é adequado fazer a divisão do processo de resolução de um problema por fases ou etapas (Neto, 1998), ou seja, podem existir fases para o processo de resolução do problema que são interactivas entre si.

No que concerne aos mecanismos de natureza descontínua, no Quadro 1 faz-se uma apresentação sumária de algumas perspectivas de autores sobre a resolução de problemas por fases sequenciadas.

Quadro 1

Perspectivas de alguns autores sobre a resolução sequenciada de problemas.

Autores	Etapas da resolução de problemas
Polya (2003)	1ª Compreensão do problema – compreensão do problema como um todo; 2ª Estabelecimento de um plano – conjugação de informações sobre o problema com informações anteriormente adquiridas; 3ª Execução do plano – experimentação do plano delineado; 4ª Avaliação da solução – análise retrospectiva da solução encontrada.

Ausubel, Novak e Hanesian (1978, citado por Neto, 1998)	1ª Detecção do problema – estado de dúvida; 2ª Definição do problema – caracterização dos obstáculos e objectivos a definir; 3ª Formulação de hipóteses – definição de hipóteses com base em relações do problema e informações contidas em estruturas cognitivas existentes; 4ª Verificação das hipóteses - avaliação das hipótese e consequentemente reformulação do problema; 5ª Incorporação da solução nas estruturas cognitivas – construção de uma nova aprendizagem que servirá de motor para aplicações a novas situações.
Hayes (1987)	1ª Detecção do problema – reconhecimento da existência de um problema a resolver; 2ª Representação do problema – desenvolvimento de um mecanismo para conhecer a natureza do problema; 3ª Planeamento da solução – concepção de um plano, isto é, um caminho possível para colmatar o desequilíbrio cognitivo entre os estados inicial e final; 4ª Execução do plano – experimentação do plano; 5ª Avaliação da solução – análise do resultado obtido, ou seja, verificação que a solução encontrada é ou não compatível com o problema; 6ª Consolidação de conhecimentos – incorporação de novos conhecimentos adquiridos através da tarefa de resolução do problema.
Bransford & Stein (1993), Hayes (1989) e Sternberg (1986) (citados por Sterneberg (2003))	1ª Reconhecimento ou identificação do problema; 2ª Definição e representação mental do problema; 3ª Desenvolvimento de uma estratégia para encontrar a solução; 4ª Organização dos conhecimentos prévios sobre o problema; 5ª Encontrar os recursos mentais e/ou físicos para a resolução do problema; 6ª Monitorização do progresso da resolução do problema; 7ª Avaliação da concordância entre a solução encontrada e o problema.

Analisando o Quadro 1, podemos observar que numa metodologia de resolução de um problema temos três fases fulcrais, que são comuns aos modelos apresentados. Assim, temos sempre uma fase em que o solucionador tem de se inteirar das informações relevantes dos problema, que corresponde às etapas de compreensão, detecção, definição, representação ou reconhecimento do problema. Em seguida, temos a fase do estabelecimento do plano, formulação de hipóteses, desenvolvimento de uma estratégia ou de planeamento da solução, em que o solucionador tem de conjugar os conhecimentos que tem sobre o problema e os

conhecimentos previamente adquiridos para delinear um plano para a solução. Polya (2003), considera que

de facto, o principal feito na resolução de um problema é, precisamente, a concepção da ideia de plano. Esta ideia pode surgir gradualmente ou, então, após tentativas aparentemente infrutíferas e um período de hesitação, aparecer repentinamente, num lampejo, como uma ideia luminosa (p.30).

Desta forma, podemos afirmar que esta é a fase decisiva no processo de resolução de um problema, importando ainda esclarecer que é nesta fase que o solucionador vai integrar os conhecimentos que tem em memória para os aplicar na resolução.

Finalmente, temos a fase em que o solucionador tem de efectuar a avaliação da solução encontrada através da execução do plano. Nesta fase pode encontrar a solução ou terá de redefinir o plano. Em qualquer das situações este procedimento implica a construção de novas estruturas cognitivas que serão alojadas na memória, ou seja, temos a construção de novos conhecimentos.

Em suma, podemos afirmar que os modelos apresentados têm um carácter mais ou menos descritivo, não deixando implícito que a resolução de um problema se processa de uma forma sequencial estanque, em que o sujeito tem de percorrer todas as fases. Ou seja, citando Sternberg (2003) “um solucionador de sucesso é aquele que apresenta flexibilidade” (p.4) no decurso da resolução de um problema.

O modelo de resolução de problemas proposto por Sternberg (c.f Quadro 1), apresenta grandes influências dos modelos anteriores, enquadrando-se numa perspectiva metacognitiva. Verifica-se que os conceitos de reconhecimento, de definição e representação do problema estão presentes na sua resolução. De facto, para este autor estes processos são considerados

metacomponentes, no contexto da teoria triádica da inteligência. Esta teoria propõe que estes metacomponentes podem servir como guias para a resolução de problemas, planeando, monitorizando e avaliando o percurso da sua resolução.

Estas metacomponentes incluem processos (subcomponentes) tais como (Sternberg, 2003):

- 1) Reconhecimento da existência do problema;
- 2) Definição da natureza do problema;
- 3) Recrutamento de recursos físicos e mentais para resolver o problema;
- 4) Decidir como representar a informação sobre o problema;
- 5) Gerar passos para resolver o problema;
- 6) Combinar estes passos com uma estratégia plausível e viável;
- 7) Monitorizar o processo de resolução de problemas;
- 8) Avaliar a solução do problema quando este estiver resolvido.

Neste contexto teórico, verifica-se que os processos de reconhecimento, de definição e de representação do problema correspondem aos primeiro, segundo e quarto metacomponentes que são usados no planeamento da resolução de um problema. Estas metacomponentes referem-se a processos de ordem superior usados no planeamento (Lemos, 2006).

Esta competência – planear – está directamente relacionada com a representação que o solucionador faz do problema, uma vez que esta corresponde a um dos estados intermédios que servem como moderadores entre o estado inicial (de desconhecimento da solução) e a estratégia adoptada. A representação do problema pode ser interna (mecanismo interno ao indivíduo) ou externa (com manifestações externas, como por exemplo, elaboração de esquemas, textos, diagramas, etc.).

Modelos de Natureza Contínua

Para os modelos de natureza contínua, temos como referência a proposta de Newell, Shaw e Simon (1972, citados em Newell & Simon, 1972). Estes autores pressupõem que a resolução de problemas implica uma passagem de um estado inicial para um estado final, mediante a aplicação de determinados operadores. De acordo com esta perspectiva surge a noção de espaço do problema, que tem correspondência com a noção de representação do problema proposta por Hayes e Sternberg.

Assim, o processo de resolução de um problema é visto como um “mecanismo” para encontrar a trajetória adequada, através do espaço do problema. Segundo os autores desta teoria a resolução de problemas é vista como uma interação entre a tarefa e o sujeito que é tido como um processador de informação (Neto, 1998). Simon (1972, citado por Neto, 1998) é apologista de que é “tão importante compreender as características mais relevantes da tarefa, assim como compreender as características do sistema que processa a informação para resolver a tarefa” (p. 77). Desta forma, o elemento fundamental do processamento de informação é a memória, que é considerada um meio que permite o fluxo de informação entre o exterior e o interior, isto é, a interação entre a memória de curta duração e a memória de longa duração (Figura 1). Este sistema de processamento de informação compreende uma memória de elevada capacidade constituída por esquemas mentais, um processador de informação para aceder e reestruturar a informação e algumas estruturas de *input* e de *output*.

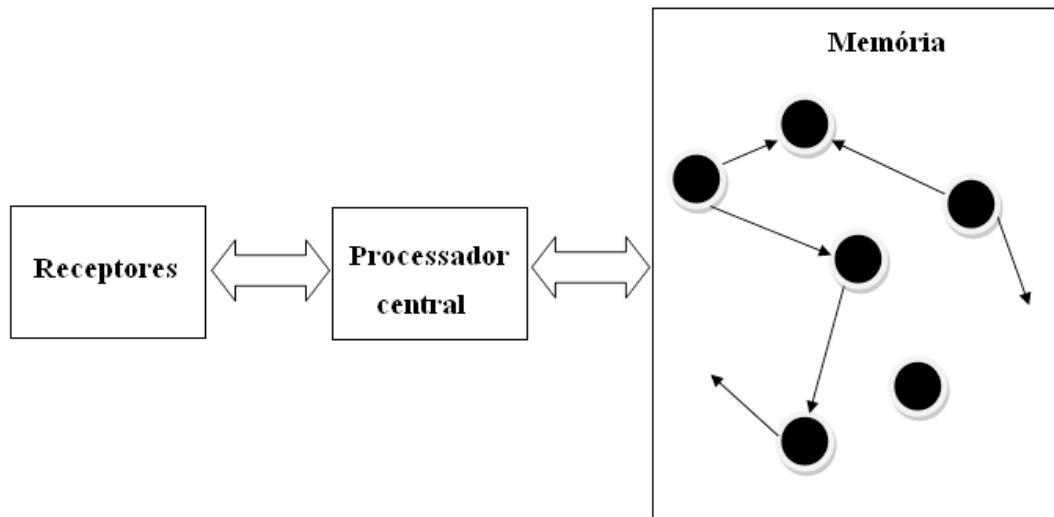


Figura 1. Representação da interacção entre o exterior e a memória através do sistema de processamento de informação (adaptado de Newell, 1966).

Segundo Newell (1966) “a resolução de problemas tem lugar no espaço do problema” (p.13). De uma forma geral, podemos dizer que os elementos deste espaço são estados de conhecimento que o indivíduo tem sobre o problema. Ou seja, estes estados são estruturas de memória que são responsáveis pela representação interna do conhecimento que o indivíduo tem sobre o problema. Para além destes elementos, ao espaço do problema está associado um conjunto de operadores, que quando são aplicados a um elemento do espaço do problema, produzem novos elementos (Simon, 1972). Podemos então dizer que estes operadores são meios pelos quais a nova informação sobre o problema pode ser obtida de outros problemas anteriores.

Newell considera que “a resolução de problemas é um processo que corresponde à procura de um caminho para levar o solucionador de um estado inicial a um estado final”

(p.13), através do espaço do problema. Porém, este autor considera que o comportamento do solucionador não é totalmente determinado pelo espaço do problema e propõe um conjunto de considerações que o solucionador deve ter em atenção quando está numa determinada posição da resolução do problema (Figura 2). Assim, estamos perante um conjunto de heurísticas associadas ao processo de resolução de um problema, que segundo Ponte (1991, citado por Fonseca, 2005, p. 58) “são grandes sugestões ou estratégias correspondentes a operações mentais, em princípio aplicáveis a muitos problemas”.

<p>Avaliar uma nova posição:</p> <ul style="list-style-type: none"> Este é o estado desejado? Existe algo que marque esta posição? Houve progresso e portanto posso continuar? <p>Seleccionar um novo operador:</p> <ul style="list-style-type: none"> Já foi usado antes? Contribui para o progresso? Irá funcional se for aplicado? <p>Aplicar o operador seleccionado à situação presente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Funciona? Gera uma nova posição? Se não quais são as dificuldades? <p>Avaliar as dificuldades:</p> <ul style="list-style-type: none"> A subdivisão num sub-objectivo contribui para se ultrapassar as dificuldades? Esta posição deve ser rejeitada? Devo regressar à posição anterior ou até à posição inicial ou a outra posição que esteja em memória? <p>Avaliar a posição anterior:</p> <ul style="list-style-type: none"> Deve ser usada ou rejeitada?

Figura 2. Considerações que o solucionador do problema pode ter quando se encontra numa posição da resolução do problema.

Salientamos que as considerações apresentadas na Figura 2 não constituem um padrão de comportamento numa determinada posição, uma vez que o solucionador pode organizar a informação de modo diferente.

Essencialmente, Simon e Newell (1972) consideram que o espaço do problema tende a crescer exponencialmente de forma ramificada, isto é, dois caminhos podem não terminar na mesma “região” do espaço.

Em suma, segundo esta teoria, inicialmente o solucionador quando se depara com um problema constrói uma representação externa do problema, onde engloba, por exemplo, os objectivos, os constrangimentos, condições a usar, operações, etc. Em seguida, deve construir o espaço do problema onde irá ocorrer a sua resolução. Assim, o solucionador tem de codificar a informação da representação externa para a sua representação interna, na qual pode promover as transformações necessárias através de determinados operadores que seleccionou ou construiu. O modelo proposto por estes autores foi sujeito a uma simulação computacional.

Planeamento e Resolução de Problemas

No quotidiano os termos “resolução de problemas” e “planeamento” são normalmente utilizados para descrever esforços que temos de realizar para enfrentar determinadas situações para as quais não estamos preparados.

A Psicologia Cognitiva define estes termos de uma forma mais ampla, como sendo uma parte do nosso controlo diário de acções. Assim, ser-se confrontado com um problema significa, simplesmente, que queremos atingir um objectivo em que os passos para o atingir podem ser incertos ou desconhecidos ou que necessitam de uma determinada sequência. Tal como já vimos, todas as situações que envolvem a resolução de problemas implicam que se estabeleça um plano, isto é, ter a competência de planear (Unterrainer & Owen, 2006).

Segundo esta perspectiva cognitiva, o planeamento é tido como uma competência cognitiva de alto nível, que depois de adquirida pode ser usada por um indivíduo em diferentes contextos e tarefas. Assim, esta competência envolve a aquisição de novos esquemas mentais que são armazenados no cérebro. Desta forma, os planos delineados por um indivíduo numa tarefa de resolução de um problema são vistos como pré-requisitos para a

execução da acção, isto é, encontrar uma solução para o problema. Logo, o plano é uma sequência de acções interligadas para se atingir um fim pré-concebido (Newell & Simon, 1972, citado por Miranda, 1998).

De acordo com Pea e Kurland (1983), a competência de planeamento está associada à manipulação de certos operadores, que estão ligados a actividades de programação. Todavia, segundo estes autores esta competência deve ser suficientemente trabalhada para poder ser reutilizada em tarefas com naturezas diferentes. Assim, o planeamento pode ser avaliado pela capacidade de otimizar a representação de um grande conjunto de acções, que não pode ser manobrado pela memória de trabalho. De acordo com esta perspectiva, os sujeitos só planificam uma acção quando as tarefas que realizam implicam alguns constrangimentos, tais como: (1) a elaboração de um plano é a única forma de resolver o problema; (2) a tarefa deve ser suficientemente complexa de modo a que seja impossível memorizar os sub-objectivos.

Nesta óptica, um bom planeador é visto como um sujeito que é competente para resolver vários tipos de problemas, independentemente da área onde se realiza a actividade de planificação.

Que condições são necessárias para planear? Em primeiro lugar, precisamos de criar uma representação mental da situação inicial e da situação que se pretende alcançar. Na visão de Sternberg e Ben-Zeev (2001), esta representação é essencial para o processo de planeamento. Segundo Anderson (2000), a resolução de problemas é vista como um caminhar de uma posição inicial para uma posição final. Neste contexto, a trajectória seguida para nos deslocarmos entre as duas posições, exige um plano, ou seja, o planeamento surge como o acto de decompor o objectivo inicial em diferentes sub-objectivos e de projectar diferentes acções.

Segundo alguns autores da Psicologia Cognitiva do Desenvolvimento, um dos pontos fortes das actividades de programação computacional sobre o pensamento é o treino das competências de planeamento na resolução de problemas (Miranda, 1998; Pea & Kurland, 1983). De acordo com esta perspectiva, considera-se que as actividades de programação podem servir como meio facilitador da aquisição de heurísticas que permitirão tornar um indivíduo melhor solucionador de problemas, em qualquer contexto. Assim, o indivíduo através do planeamento pode, por exemplo, encontrar problemas relacionados com o seu ou decompor o problema central em problemas parcelares. Esta faceta da programação computacional leva-nos a que nesta investigação se dê especial ênfase ao planeamento na resolução de problemas.

Em suma, podemos dizer que a representação que o solucionador faz do problema, na perspectiva de Sternberg, ou a criação do espaço do problema, na perspectiva de Newell e Simon, são preponderantes no processo de planeamento da resolução do problema.

CAPÍTULO 2 - ROBÓTICA EDUCACIONAL

Construcionismo

O objectivo central desta investigação está relacionado com a utilização da robótica como ferramenta de aprendizagem, em particular o sistema Lego *Mindstorms*, que se enquadra numa perspectiva construcionista da aprendizagem sugerida por Papert.

O construcionismo é um modelo teórico que advém dos trabalhos de investigação realizados por Papert e do desenvolvimento da linguagem de programação LOGO (Papert, 1980).

Este modelo surge como uma evolução conceptual da teoria construtivista de Piaget na medida em que aparece como um quadro teórico de uma metodologia de ensino que não se baseia no ensino tradicional (mais centrado no professor). Importa salientar que o construtivismo defende que a aprendizagem ocorre quando se gera um conflito cognitivo. Portanto, com intuito de se resolver este conflito cognitivo, ocorrem processos de assimilação e de acomodação, dos quais resulta a aprendizagem de novos conceitos.

A perspectiva construcionista é então uma evolução do construtivismo piagetiano e distingue-se da última pelo grau de envolvimento dos alunos nas tarefas de aprendizagem. Este envolvimento, pressupõe que os alunos tenham a capacidade de criar conceitos, compreender e gerar novo conhecimento (Hay & Barad, 2001). Neste contexto os alunos não são tidos como meros receptores de informação e os professores como transmissores. Para além disso, Papert considera que o conhecimento deve ser construído pelo aluno e que esse processo deve ocorrer de uma forma apelativa, que implique uma construção física (Papert, 1980). Na visão de Papert, quando o sujeito tem a oportunidade de construir algo físico (externo), ocorrem simultaneamente construções internas. Ou seja, são desenvolvidas

estruturas mentais internas que conduzem ao progresso na aprendizagem de situações com complexidade crescente.

As noções propostas por Papert, sobre a teoria construcionista têm vindo a ser aplicadas em diferentes ambientes de aprendizagem. O seu grupo de investigação (*Epistemology and Learning Group* do MIT) tem desenvolvido projectos nos domínios de: software instrutivo (*instructional software*) (Harel, 1991), jogos instrucionais (*instructional games*) (Kafai, 1995) e sistemas complexos (Resnick, 1996). Paralelamente a este grupo, outros autores têm desenvolvido investigações nas áreas da multimédia (Hay, Wiengrad, Bolye, Guzdial & Soloway, 1994), sistemas periciais (experts) (Jonassen, 1996), modelos computacionais (Hay, 1999, Jackson, Stratford, Krajcik e SoloWay, 1996) e sistemas de realidade virtual (Winn, 1997, citado em Hay, 2001).

No enquadramento construcionista, a tecnologia assume o papel de meio para a promoção do desenvolvimento cognitivo dos sujeitos envolvidos nas tarefas de aprendizagem, isto é, “a tecnologia torna-se um meio de expressão intelectual e de exploração” (Hay, 2001, p. 283).

Este tipo de visão da aprendizagem vai ao encontro do trabalho que desenvolvemos nesta investigação. Pretendemos usar as construções de robótica como ferramenta de desenvolvimento de competências de resolução de problemas, em particular estimular o desenvolvimento de competências de planeamento.

O que é a Robótica

Quando se fala no termo robótica associamos ao conceito de robô. De acordo com o *Robot Institute of America* (RIA), um robô é “um manipulador reprogramável multifuncional, projectado para mover materiais, objectos, ferramentas ou aparelhos específicos, através de vários movimentos programados com vista à realização de determinadas tarefas” (Robotics Research Group of The University of Texas, s/d, secção *Definition of a robot*, par. 1). Latomb (1991) define um robô como um dispositivo mecânico versátil que está equipado com actuadores e sensores, sob um controlo computacional. Este sistema (robô) opera num espaço que pertence ao mundo real, que é sempre constituído por objectos físicos que estão sujeitos às leis da natureza.

Destas definições salientam-se os seguintes aspectos: por um lado o robô é uma construção física, que é objecto de programação; por outro lado, é sempre concebido com o intuito de realizar uma tarefa que é fruto do processo de resolução de um problema.

A robótica surge ainda relacionada com conceitos como: cibernética e inteligência artificial; a cibernética está ligada à inteligência artificial no sentido em que é uma forma da sua concretização prática, isto é, a inteligência artificial teoriza e a cibernética põe em prática os modelos. Assim, a robótica pode ser encarada com um meio de ligação entre a cibernética e a inteligência artificial, uma vez que tem potencial para armazenar os modelos teóricos.

Robótica Educacional

O conceito de robótica educacional, que aparece na literatura anglo-saxónica como *educational robotics*, está relacionado com o aparecimento de situações de aprendizagem através das quais os alunos podem construir e manipular objectos – o robô (Rocha, 2006). Por um lado, a construção está relacionada com a elaboração mecânica do robô, por outro lado, o

processo de manipulação está relacionado com a linguagem de programação. Desta forma, este dispositivo programável/manipulável passa a funcionar como uma ferramenta cognitiva a utilizar pelos alunos, portanto será, segundo as palavras de Papert (1991), “um objecto para pensar com” (p. 8).

O grande trunfo da robótica educativa é o facto de o aluno poder interagir com um objecto que apresenta duas facetas: o concreto (construção mecânica) e o abstracto (a programação). Segundo D’Abreu (2004), um ambiente de aprendizagem baseado no uso de robôs, propicia situações de aprendizagem ricas no treino de determinadas competências, como por exemplo, a resolução de problemas e outras potencialidades que veremos de seguida.

Potencialidades Educativas da Robótica

Existem muitas investigações sobre as potencialidades educativas da robótica. Em 2002 Hirst, Johnson, Petre, Price e Richards, consideraram que a robótica no ensino tem duas vertentes: como um fim (construção de um agente para realizar uma determinada tarefa) ou como uma forma de promover a motivação para a aprendizagem (como estratégia de ensino). Assim, podemos dizer que se trata de um meio com potencial para o ensino. Destacamos algumas potencialidades encontradas na literatura.

A robótica pode ser tida como um meio que permite:

- O treino de competências específicas de domínios científicos como a Física e Matemática, em particular do domínio da metodologia de resolução de problemas por via experimental (Teixeira, 2006), pela natureza dos problemas (mal-estruturados) tratados durante as actividades de robótica; Rogers e Portsmore (2004) efectuaram investigações com alunos do primeiro ciclo (terceiro ano) e referem que ocorreu um

bom desenvolvimento da capacidade de interpretação de gráficos, fruto do treino de procedimentos de calibração de alguns componentes do robô;

- Uma maior motivação dos alunos para disciplinas relacionadas com a tecnologia. Nagchauduri, Singh, Kaur, e George, (2002), referem que a robótica quando é utilizada como ferramenta de trabalho, desencadeou melhorias nos desempenhos dos alunos de um curso introdutório de Matemática e Física para engenharias. Estes autores referem ainda que num estudo com professores do ensino secundário que usaram a robótica como estratégia de ensino em anos terminais do ensino secundário, que o número de candidatos a cursos de engenharia e Física aumentou significativamente;
- Competências relacionadas com a abstracção, uma vez que os alunos têm de fazer previsões sobre o comportamento do robô. Lau, Tan, Erwin e Petrovic (1999) consideram que ao programar o comportamento do robô os alunos têm de se colocar na mente do *brick* e pensar como ele, ou seja, os alunos acabam por pensar sobre o seu próprio pensamento;
- Perceber a importância dos modelos físicos, permitindo que os alunos se apercebam que um modelo físico é usado para explicar e/ou descrever um fenómeno e que este apresenta sempre potencialidades e limitações;
- O desenvolvimento do espírito investigativo, pela natureza dos projectos trabalhados que envolvem situações de problematização, de realização de tarefas em grupo, de colaboração, de comunicação e de partilha;
- Desenvolver estratégias de ensino mais individualizado. Segundo Teixeira (2006), a individualização das tarefas realizadas com a robótica pode fomentar a utilização de estratégias de ensino com carácter mais individualizados e adequadas às necessidades específicas dos alunos.

Enquadramento da Robótica no Ensino Secundário

Uma das vias para a introdução da robótica no ensino secundário é através das áreas não disciplinares: Área de Projecto e Projecto Tecnológico. Estas, segundo as directrizes do Ministério da Educação, visam a mobilização e a integração de competências adquiridas nas diferentes disciplinas. De um modo geral, pretende-se que nestas áreas se desenvolva uma metodologia de trabalho de projecto, que de acordo com Leite e Santos (2004), pressupõe:

- A utilização de uma metodologia baseada numa concepção em que os alunos são construtores de conhecimento;
- A compreensão de relações entre teoria e prática;
- O desenvolvimento de capacidades de trabalho em equipa;
- A utilização de metodologias de resolução de problemas;

entre outras características.

A Física enquanto ciência experimental, tem uma faceta que envolve a tecnologia. Ao nível do ensino secundário a união ciência-tecnologia pode ser feita através da robótica, com recurso à Área de Projecto.

Segundo Teixeira (2006) a robótica tem sido introduzida no ensino secundário através da Área de Projecto/Projecto Tecnológico e no ensino básico através da disciplina de Educação Tecnológica, com patrocínio do programa Ciência Viva. A nível internacional existem várias referências de experiências de infusão curricular da robótica, que abrangem níveis de ensino que vão desde o jardim de infância até ao ensino superior (Klassner e Anderson, 2003; Rogers e Portsmore, 2001; Rogers e Portsmore, 2004).

Sistema Lego *Mindstorms*

Com a introdução da robótica no ensino, surgiu a necessidade de desenvolver tecnologia que conciliasse a miniaturização do sistema de processamento de informação, com mobilidade e com a introdução de alguns componentes (sensores e actuadores). Neste sentido, o MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), desenvolveu um “tijolo programável” (*brick*), que consiste num pequeno bloco programável que permite a interacção do robô com o meio ambiente. A programação do primeiro *brick* era feita com base na linguagem LOGO. Os procedimentos de programação eram realizados num computador e depois transferidos para o *brick* (Resnick, 1996).

A partir deste primeiro protótipo de bloco programável, foi desenvolvido o sistema LEGO *Mindstorms*, que é constituído por um *brick* RCX (*robotic command explorer*), dois sensores de toque, um sensor de luz, três motores e mais de 700 peças de LEGO (*Mindstorms NXT*, 2008).

Vamos passar agora a descrever o *kit* de robótica que utilizámos durante este trabalho – LEGO *Mindstorms NXT educational kit*. Numa primeira fase descrevemos os componentes de *hardware*, seguindo-se uma apresentação da plataforma de programação (*Mindstorms*).

Hardware

O sistema utilizado é constituído por um *brick*, (*receiver NXT*) com um processador de 32 bits, que pode ser programado em sistema MAC ou PC. O kit contém ainda vários sensores, cujos dados são recebidos pelo *brick*, que pode ser ligado ao computador por ligação USB ou *bluetooth*. Este kit contém 700 peças e instruções para a construção e programação de robôs completos e veículos.

O Brick

O brick é a parte fundamental do robô NXT. É constituído por (ver em simultâneo a Figura 3):

- Três portas para motores (A, B e C);
- Quatro portas para sensores (1, 2, 3 e 4);
- Uma porta USB;
- Bluetooth;
- Um altifalante;
- Botões de três tipos: Laranja (on/off/run), cinzento claro (para circular nos menus da esquerda para a direita e vice-versa) e cinzento escuro (para apagar ou andar para trás no menu);
- Um visor.

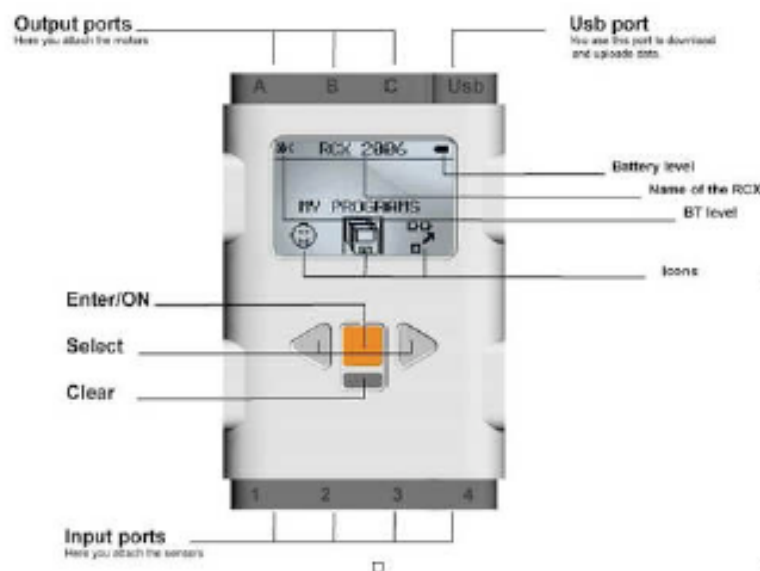






Figura 3. Brick do kit LEGO Mindstorms NXT. (Mindstorms NXT, 2008)

Os Sensores

No Quadro 2 encontram-se sumariamente descritos os diferentes sensores utilizados no kit LEGO *Mindstorms* NXT, bem como um esquema do respectivo sensor.

Quadro 2

Descrição sumária dos sensores utilizados no kit LEGO Mindstorms NXT. (Mindstorms NXT, 2008).

Sensor/descrição do sensor	Esquema do sensor
Toque - O sensor de toque detecta quando é pressionado e quando é largado.	
Luz – o sensor de luz permite que o brick tenha acesso a valores de intensidade de luz incidente directamente ou reflectida; os valores lidos pelo sensor de luz encontram-se compreendidos no intervalo 0 (preto) – 100 (branco).	
Som – permite detectar valores de intensidade sonora em dB (sons detectados de forma natural) e dBA (sons adaptados à sensibilidade do ouvido humano).	
Ultra-sons – permite calcular distâncias (0 a 255 cm, com precisão de 3 cm) e detectar objectos em movimento. Para fazer as medidas mede o tempo de voo dos ultra-sons, fazendo a conversão para distância através da relação entre velocidade, distância e intervalo de tempo.	

Os Motores

Existem três motores (Figura 4) que dão mobilidade ao robô. Estes motores podem funcionar como motor ou como sensor, dado que cada um tem um sensor de rotação, que mede o número de rotações em graus ou em número de voltas.



Figura 4. Esquema do motor usado no kit LEGO Mindstorms NXT. (Mindstorms NXT, 2008)

Software

Neste trabalho usou-se a plataforma *Lego Mindstorms education NXT* para fazer a programação do robô. Na figura 5 encontra-se ilustrada uma visão geral da plataforma.

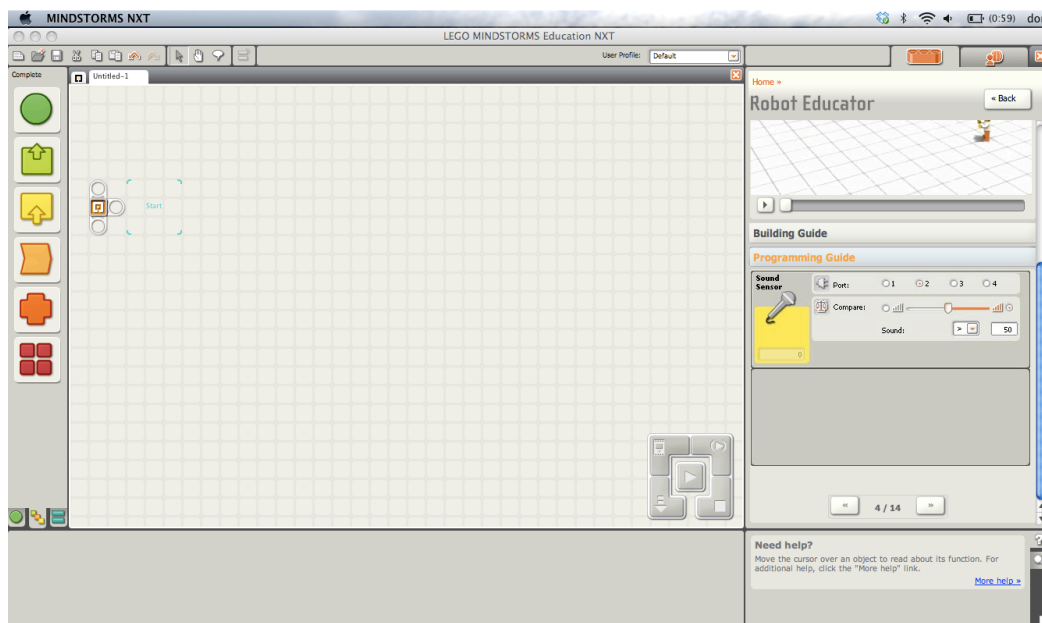


Figura 5. Imagem capturada directamente da plataforma de programa *Lego Mindstorms education NXT*.

O sistema de programação do NXT, conhecido como NXT-G, é constituído por blocos de programação que se arrastam para a área de trabalho (*drag-and-drop*). Basta, portanto, escolher o bloco que corresponde à acção que se pretende transmitir aos motores ou aos sensores (por exemplo, movimento dos motores, criação de um som, medida de distância, etc.) (Boogaarts *et al.*, 2007).

Salienta-se que um dos trunfos desta ferramenta de programação é o facto de permitir ao programador utilizar blocos de programação anteriormente elaborados. Desta forma, o programador tem a possibilidade de integrar partes de estratégias de resolução de problemas mais simples, em estratégias de resolução de problemas mais complexos.

Estes blocos de programação são vistos como “comportamentos” a atribuir ao robô, isto é, os blocos de programação do *software* produzem diferentes acções tanto ao nível dos motores como ao nível dos sensores. O controlo global de todas as acções, produz o comportamento do robô numa determinada situação (Correia, 2006). Tomemos um exemplo referido por Correia: pretende-se programar um robô que tenha um comportamento de evitar obstáculos; para tal, o robô tem um movimento de locomoção tipo automóvel, dois sensores frontais de distância, um orientado para a esquerda (sensor E) e outro orientado para a direita (sensor D). Um “comportamento” possível seria:

Comportamento evitar obstáculos

Se sensor E ou sensor D detecta obstáculo próximo então

pára

recua

enquanto sensor E detecta obstáculo então

vira à esquerda

enquanto sensor D detecta obstáculo então

vira à direita

pára
senão
se sensor E detecta obstáculo então
vira à direita
se sensor D detecta obstáculo então
vira à esquerda

A elaboração deste tipo de pseudo-código permite que o sujeito programe o comportamento do robô com um determinado objectivo. Assim, este tipo de procedimento estimula o recurso à competência de planeamento, uma vez que obriga a uma previsão planeada de uma determinada acção. Para além disso, o programador tem a possibilidade de reformular o comportamento planeado, conjugando esse comportamento com o real desempenho do robô, o que de certa forma implica um procedimento interactivo para a resolução de problemas.

Este tipo de procedimento é concretizado na plataforma *Mindstorms*, através da associação dos diferentes blocos de programação, como se pode ver no exemplo da Figura 6, onde se ilustra uma programação para o comportamento seguinte: quando o robô toca num obstáculo, pára, recua e muda de direcção.

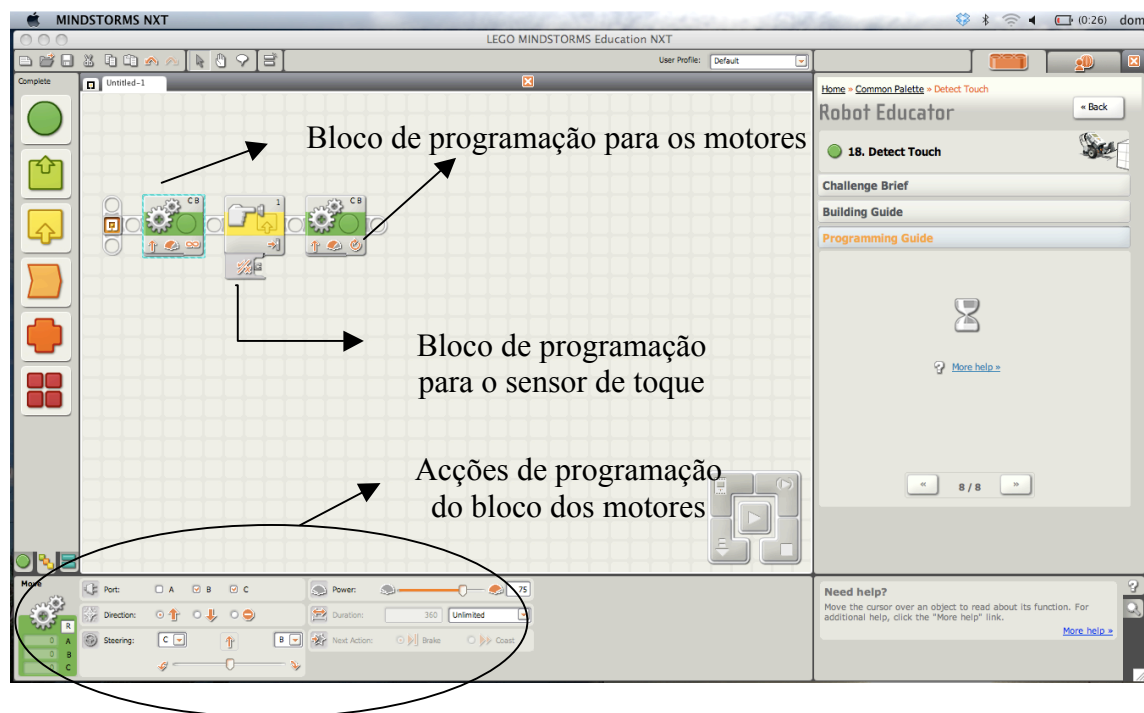


Figura 6. Exemplo de programação de um comportamento (imagem capturada no ecran).

CAPÍTULO 3 - ROBÓTICA E A INVESTIGAÇÃO EDUCATIVA

Neste parte citamos alguns trabalhos de investigação a nível internacional, dando especial destaque à resolução de problemas. Assim, temos:

- Hacker (2003) realizou uma investigação que envolveu um conjunto de alunos numa actividade extra-curricular, do 3º ao 6º anos de escolaridade, durante um ano. Os grupos foram sujeitos a um ambiente de robótica, para que estabelecessem um contacto mais directo com alguns princípios de programação e engenharia. A avaliação do impacto desta experiência foi baseada em pré e pós questionários, observação directa e na avaliação dos produtos construídos pelos alunos. O autor concluiu que do ponto de vista dos participantes, a experiência se mostrou muito motivante e que seria possível fazer uma introdução da robótica no currículo de ensino básico, para a aprendizagem de alguns temas/conceitos específicos (Hacker, 2003);
- Varnado (2005) estudou o efeito da participação de uma amostra de 26 rapazes e 11 raparigas com idades entre os 9 e os 14 anos, num concurso de robótica (*2004 No Limits First Lego League Robotics Challenge*), na resolução de problemas de cariz tecnológico. Para tal, observou quatro dimensões da resolução de problemas tecnológicos: clarificação do problema, desenvolvimento do desenho da solução, modelação e avaliação da solução. O autor realizou um estudo correlacional, tendo obtido uma boa correlação entre o nível de confiança dos alunos na resolução dos problemas e as dimensões investigadas (Varnado, 2005);
- Bertacchini, Gabriele, Pantano e Servidio (2003) realizaram uma investigação de natureza experimental sobre a robótica e processos de aprendizagem, isto é, foi

desenvolvido e aplicado um conjunto de actividades de programação com grau de complexidade crescente. Efectuou-se a avaliação da correlação entre os desempenhos na programação e dos desempenhos físicos dos robôs. Os resultados mostraram haver uma correlação positiva entre os programas desenvolvidos e as tarefas físicas realizadas pelos robôs e os processos cognitivos usados na transferência programação-acção (estes dados foram obtidos através da análise do número e tipo de erros cometidos na programação-acção) (Bertacchini, Gabriele, Pantano & Servidio, 2003);

- Lindh e Holgersson (2007), pretenderam investigar os efeitos de um programa de treino regular (um ano) de robótica na capacidade de resolução de problemas de Matemática; usaram uma população de 322 alunos dos 12 aos 13 anos e 374 dos 15 aos 16 anos, na Suécia. O programa foi concebido com base num quadro construcionista. Tratou-se de uma investigação experimental realizada em duas fases (antes e após o programa de treino), usando diferentes grupos de controlo. Em termos de resultados, os autores concluíram que o programa de treino foi útil em alguns grupos experimentais e que no geral após o tratamento estatístico dos dados não houve uma relação pronunciada entre o programa de treino e o desempenho dos sujeitos. O estudo é, portanto mais conclusivo para alguns sub-grupos (Lindh & Holgersson, 2007);
- Em 2004 Petre e Price, efectuaram uma investigação empírica sobre a forma como um grupo de alunos resolvia problemas de robótica, bem como a sua motivação para a aprendizagem. Trata-se de um estudo de caso, em que se usou a entrevista e a observação directa para compreender o processo de resolução de problemas dentro do grupo e o nível de motivação dos alunos. Como resultados desta investigação, verificou-se que os alunos consideraram a robótica estimulante e motivante,

despertando interesse para a aprendizagem de princípios de programação. Este estudo refere exemplos de alunos que aprenderam assuntos que os próprios à partida consideravam complexos e difíceis, dentro do domínio da programação. Estes autores referem ainda que a robótica não é uma solução para todo o tipo de público ou até de problema, mas concluem que é a tecnologia certa, no contexto da aprendizagem baseada na resolução de problemas e que pode ser uma estratégia útil para a aquisição de novos conhecimentos (Petre & Price, 2004);

- Denis e Hubert (2001), elaboraram um investigação no quadro construcionista da aprendizagem, trabalho colaborativo e aprendizagem baseada na resolução de problemas. Usaram uma população que incluía sujeitos do 1ºciclo ao ensino básico. Submeteram os sujeitos a um programa de robótica, em que se pretendia que os alunos adquirissem determinadas competências específicas (nos domínios da electricidade, da electrónica e da robótica), mas também competências genéricas como a resolução de problemas. A investigação foi feita com base em relatos e observações das dinâmicas dos grupos; também foram objecto de análise as verbalizações dos alunos durante a realização das tarefas. Estes autores verificaram que os alunos dentro de cada grupo de trabalho colaboraram todos nas actividades, que ocorreu partilha e divisão de tarefas, os grupos com elementos mais interactivos correspondiam a maiores níveis de colaboração, a existência de um líder num grupo tem influência positiva ou negativa no desempenho global e que os conflitos sócio-cognitivos exerceram um efeito positivo na estruturação e realização dos projectos dos grupos (Denis & Hubert, 2001);

Ao nível da integração da robótica no currículo da Física, Abbatinazzi e Adama (2003) projectaram um série de guiões de actividades com formas e sugestões para abordar determinados temas de Física (Abbatinazzi *et al.*, 2003). Ainda neste domínio, Williams,

Yuxin, Ford e Lai (2007) efectuaram uma investigação sobre a robótica e o ensino da Física. Usaram uma metodologia que lhes permitiu, por um lado, analisar o impacto das actividades de robótica sobre alguns conhecimentos específicos de Física, e por outro lado o impacto ao nível das competências de investigação (resolução de problemas), através de um questionário. Concluíram que o impacto foi positivo ao nível dos conhecimentos de Física, mas que não foi significativo ao nível do desenvolvimento de competências de investigação (Williams *et al.*, 2007).

Em suma, de acordo com a literatura consultada, verificámos que os dados de investigação nos levam a acreditar que as actividades de robótica educativa, no que respeita a competência genéricas (como a resolução de problemas) são mais eficientes quando são implementadas em pequenos grupos. No que concerne às competências específicas em domínios como a Física ou disciplinas ligadas à engenharia e tecnologias, a investigação mostra que a robótica também produz resultados bastante positivos na aprendizagem destes domínios. Outro factor que é referido como positivo na aplicação desta estratégia de ensino e aprendizagem é a motivação que os alunos demonstram na realização das actividades, o que se traduz num maior envolvimento nas tarefas de aprendizagem.

CAPÍTULO 4 – PROBLEMAS DE ROBÓTICA

Contextualização dos Problemas

Os problemas de robótica desenvolvidos nesta investigação foram adaptados das actividades do Projecto Ciência Viva (2006-2008), coordenado pelo Departamento de Informática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, que envolveu um trabalho conjunto entre sete escolas da região de Lisboa.

Foram implementados nas aulas de Área de Projecto de uma turma do 12ºano do curso de Ciências e Tecnologias, do Ensino Secundário, que tinham como opção a disciplina de Física.

Optou-se por este modelo de trabalho, porque se adapta à metodologia de trabalho de projecto preconizada nas orientações do Ministério da Educação para a disciplina de Área de Projecto no Ensino Secundário (2006). Neste documento, é referido que a Área de Projecto

está inscrita no currículo do Ensino Secundário, com uma natureza interdisciplinar e transdisciplinar, visando a realização de projectos concretos por parte dos alunos, com fim de desenvolver uma visão integradora do saber (p. 3).

Ao nível das competências a trabalhar nesta área curricular não disciplinar, pretende-se que os alunos utilizem uma metodologia de trabalho de projecto,

recolhendo, analisando, seleccionando informação, resolvendo problemas, tomando decisões adequadas (...) articulando, numa dimensão inter e transdisciplinar, os saberes teóricos e práticos (p. 9)

Para além da integração curricular da robótica no Ensino Secundário, também consideramos que se trata de uma metodologia aliciante e interessante para os alunos do curso de Ciências e Tecnologias e em particular para os que pretendam prosseguir estudos na área da Física e da Engenharia.

Descrição do Processo de Construção dos Problemas

A estruturação dos problemas visou um aumento gradual da complexidade dos mesmos, tendo como ponto de partida problemas mais simples (bem-estruturados) que poderão ser posteriormente integrados na resolução de problemas mais complexos (mal-estruturados). No Quadro 3 encontram-se listadas as actividades com os respectivos títulos, bem como uma breve descrição de cada uma.

Quadro 3

Resumo das tarefas desenvolvidas para o ambiente experimental.

Actividade		Descrição da tarefa	Duração prevista (sessões de 90 minutos)
Actividades incluídas no manual do kit		A realização destas tarefas, meramente instrutivas, permitiu um primeiro contacto com o kit e com a plataforma de programação Mindstorms.	2
Actividade 1	Desafio 1 – “Sensor de Luz”	Pretende-se estudar e compreender algumas propriedades do sensor de luz, bem como reconhecer algumas limitações de aplicabilidade.	1
	Desafio 2 – “Tacteando”	Pretende-se que o robô siga paralelamente a uma parede com auxílio do sensor de toque. O principal objectivo deste desafio é conhecer os limites de aplicabilidade do sensor de toque.	1
	Desafio 3 – “Tacteando apoiado”	Pretende-se que o robô siga paralelamente a uma parede com a informação obtida a partir do sensor de luz e de toque.	2
	Desafio 4 – “Sensor de ultra-som”	Pretende-se investigar os limites de aplicabilidade do sensor de ultra-som.	1

	Desafio 5 – “Tacteando com tudo”	Pretende-se que o robô siga paralelamente a uma parede com a informação dos sensores de luz, de toque e de ultra-som. Assim, os alunos terão de integrar a informação de problemas anteriores na resolução de um problema mais complexo, que pela sua natureza implica a tomada de uma decisão sobre qual o tipo de sensor mais adequado para o procedimento em questão.	2
	Desafio 6 – “Vagueando”	Pretende-se que o robô ande livremente até encontrar um obstáculo. Neste caso deve evitá-lo e continuar a explorar.	2
Actividade 2	Desafio 1 – “Segue a linha e apanha a bola ...”	Pretende-se a construção de um robô que parta de uma posição inicial, que siga a linha preta e que vá apanhar uma bola azul. Depois de apanhar a bola tem de encontrar a linha novamente e parar na posição inicial.	8 – 10
	Desafio 2 – “Robô TT”	Pretende-se a construção de um robô que tenha características todo-o-terreno (TT). O robô deve ser capaz de andar em terrenos desnivelados, contornar obstáculos e subir um plano inclinado e atravessar uma descontinuidade.	8 – 10

Tal como se pode observar no Quadro 3 e nos enunciados dos problemas (anexo I), os problemas de robótica que constituem o ambiente experimental desta investigação encontram-se divididos em duas actividades.

A primeira actividade (Actividade 1) é constituída por seis desafios. Nos desafios 1, 3 e 4, pretende-se que os alunos se familiarizem com o funcionamento dos sensores de luz, de toque e de ultra-sons, ou seja, que reconheçam as suas potencialidades e limitações. Assim, pretendemos que perante uma situação com determinado tipo de constrangimentos, os alunos sejam capazes de seleccionar de forma consciente o tipo de sensor mais adequado a essa situação. Tal como se pode ver nos enunciados, estas tarefas têm um carácter mais instrutivo.

Quanto aos desafios 2, 5 e 6, pretendemos que os alunos, com a informação dos desafios anteriores, planifiquem um procedimento e que o experimentem, isto é, a resolução

destes problemas implica a elaboração de um plano, a sua experimentação, tomada de decisões e retirar as conclusões achadas pertinentes.

Relativamente à segunda actividade (actividade 2), os alunos são colocados perante duas situações (desafios 1 e 2) específicas que apresentam vários constrangimentos físicos. Atendendo à natureza destes problemas, isto é, uma situação que impõe dificuldades para a qual não se conhece à partida a solução (Neto, 1998), os alunos são obrigados a elaborar um plano para resolverem o problema, ou seja, são obrigados a delinear um conjunto de acções cujo resultado pode levar a uma possível solução do problema. Salientamos que nesta actividade, o segundo desafio apresenta um nível de complexidade acrescido, pois a forma como a situação-problema é apresentada implica a conjugação de uma engenhosa e sólida construção mecânica com uma versatilidade ao nível da programação.

Optou-se por este desenho do ambiente experimental, para que numa primeira fase os alunos se familiarizassem com o ambiente de robótica e conseguissem, com maior sucesso, resolver os problemas mal-estruturados, propostos na segunda actividade.

Os problemas são categorizados como mal-estruturados, dado que a sua resolução apresenta diferentes opções de solução e como tal implicam o treino da competência de planeamento.

CAPÍTULO 5 – METODOLOGIA

Objectivos e Questões de Investigação

Esta investigação tem como objectivo geral avaliar o impacto da utilização da robótica no processo de ensino e aprendizagem baseado na resolução de problemas e na capacidade de planeamento dos alunos. Assim, partindo deste objectivo geral, formularam-se os seguintes objectivos específicos:

1. Conceber problemas mal-estruturados de robótica de forma a promover a resolução de problemas;
2. Avaliar o impacto dos problemas nas competências de resolução de problemas dos alunos, em particular no planeamento;
3. Analisar a forma como os alunos resolvem os problemas apresentados;
4. Descrever uma metodologia de ensino inserida no currículo do Ensino Secundário – em particular na área não disciplinar de Área de Projecto;
5. Recolher as opiniões dos alunos sobre esta metodologia de trabalho;
6. Avaliar se os alunos identificam os conceitos tratados em Física no contexto dos problemas de robótica.

De acordo com estes objectivos, foram levantadas as seguintes questões de investigação:

1ª questão: Será que a resolução de problemas de robótica promove nos alunos o treino de competências de resolução de problemas, em particular de planeamento?

2ª questão: Que estratégia usam os alunos quando resolvem os problemas de robótica?

3ª questão: O desenvolvimento de projectos de robótica permite atingir os objectivos das orientações curriculares de Área de Projecto do Ensino Secundário?

4ª questão: Será que os alunos identificam os conhecimentos de Física na resolução dos problemas de robótica?

Enquadramento Teórico da Metodologia de Investigação

Para se atingir os objectivos anteriormente apresentados e responder às questões levantadas, optou-se por uma metodologia de investigação que combina uma abordagem quantitativa com *design* quase-experimental, com uma descrição do processo (abordagem qualitativa). Por esse motivo, vamos enquadrar do ponto de vista teórico estas duas perspectivas metodológicas. A tomada de decisão da metodologia, ocorreu

quando especificamos a pergunta e nos centramos no que realmente queremos fazer, começamos a ver a interacção entre a própria questão, o *design* e o método (...). Diferentes questões levam a diferentes métodos, algumas só podem ser respondidas com métodos mais quantitativos, outras com métodos mais qualitativos (...) então combinar ambos, capitalizando os aspectos positivos de ambos ao mesmo tempo que se compensam os negativos (Punch, 1998, p. 244).

Assim, para a 1ª questão de investigação, que corresponde aos objectivos 1 e 2, optou-se por uma metodologia experimental. No que diz respeito às 2ª, 3ª e 4ª questões, correspondentes aos objectivos 3, 4, 5 e 6, usou-se uma descrição do processo com uma natureza qualitativa.

Abordagem Quantitativa – Metodologia Experimental

Dentro da abordagem quantitativa, nesta investigação, usou-se uma metodologia experimental, que em termos gerais e na opinião de Sousa (2005) é uma metodologia que “consiste essencialmente em experimentar algo, para constatar os seus efeitos” (p. 185). Segundo Cohen, Manion e Morrison (2000), a característica primordial dessa metodologia é o facto “do investigador controlar e manipular deliberadamente, as condições que determinam o evento em que está interessado” (p. 211). Ou seja, pretende-se provocar uma mudança numa variável (independente) e que esse efeito se faça sentir em outra variável (dependente).

A abordagem experimental corresponde a uma metodologia de investigação que é concebida para se obter relações de causa-efeito. Isto porque esta metodologia permite observar determinados fenómenos sob certas condições que são controladas. É esta faceta que representa a maior vantagem da utilização deste tipo de metodologia de investigação, pois permite pela sua natureza um elevado grau de controlo de variáveis parasitas, levando a que se realize um estudo com maior consistência em termos de validade interna¹ (Johnson & Christensen, 2004). Contudo, o apertado controlo desta metodologia pode comprometer a validade externa de um estudo, concluindo Johnson e Christensen (2004), que a investigação experimental tem (alguma) tendência para sacrificar a validade externa² em detrimento da validade interna.

Uma investigação experimental ocorre num contexto de uma experiência, que segundo Johnson e Christensen (2004), é definida como sendo um ambiente que é

¹ A validade interna de uma investigação está relacionada com a verificação de hipóteses, isto é, se o que se observou vem ou não confirmar a hipótese levantada (Sousa, 2005).

² A validade externa de uma investigação relaciona-se com a possibilidade ou não de generalização dos factos constatados (Sousa, 2005).

desenvolvido e em que o experimentalista observa de forma objectiva o "fenómeno (um acontecimento) que pretende que ocorra em condições controladas e em que uma ou mais variáveis são deliberadamente alteradas e as restantes são mantidas constantes" (p. 264). Em investigação educacional, o acto de observar corresponde a, por exemplo, responder a uma entrevista, um questionário ou um teste, por parte dos sujeitos envolvidos na experiência.

Em suma, quando se conduz uma investigação experimental, geram-se condições que à partida vão estimular determinadas características – variável independente, e observa-se o efeito desse estímulo na variável dependente.

De acordo com vários autores (Sousa, 2005; Johnson & Chistensen, 2004; Tuckman, 2000; Cohen, Manion & Morrison, 2000), existem três formas de manipulação da variável independente. A primeira corresponde à presença e ausência da experiência (*presence or absence technique*), em que um grupo é submetido a uma experiência e outro grupo não é, ou seja, a manipulação da variável independente é feita pela existência ou não da experiência num dos grupos; a segunda corresponde ao doseamento da quantidade de experiência, em que dois grupos são submetidos a quantidades diferentes de experiência, ou seja, a manipulação é feita pela diferença de aplicação experimental nos dois grupos; e a terceira configuração corresponde ao tipo de experiência a que cada grupo é submetido. Mais uma vez, de acordo com os nossos objectivos de investigação, podemos dizer que nos enquadrámos no primeiro modo de manipulação, dado que temos dois grupos em que um deles é sujeito deliberadamente a uma experiência, que neste caso são os problemas de robótica.

Depois de evidenciadas as principais características do trabalho experimental, vamos apresentar os diferentes *designs* com que esta metodologia é referida na literatura, dando maior relevo ao *design* por nós adoptado.

A opção pelo *design* mais adequado é sempre condicionada pela natureza do problema de investigação e pelas hipóteses de investigação que se levantaram (Sousa, 2005; Cohen, Manion & Morrison, 2004; Tuckman, 2000). Na visão de Cohen, Manion e Morrison (2004), o *design* acaba por ser uma organização estratégica dos procedimentos através dos quais se irá descobrir qual a hipótese que se tomará como resposta correcta para o problema ou que satisfaz os objectivos de investigação. Assim, usando as palavras de Sousa (2005), “a formulação do problema leva à construção de hipóteses e estas, ao definirem relações entre variáveis é que definem o tipo de *design* a empregar na investigação” (p. 161).

Em investigação educacional utilizam-se três *designs* típicos: pré-experimental, em que há apenas um grupo de sujeitos que é submetido a uma experiência; o quase-experimental, em que há dois grupos diferentes, não equivalentes de sujeitos e o *design* experimental ou também conhecido como verdadeiramente experimental, em que há dois grupos equivalentes de sujeitos.

Vamos analisar com maior pormenor o *design* quase-experimental, dado que corresponde à nossa opção metodológica. Almeida e Freire (1997) consideram que neste *design* se verifica “uma aproximação ao plano experimental, contudo não se controlam ainda algumas variáveis parasitas” (p. 88) e que por vezes, estas variáveis parasitas se podem confundir com a variável independente no estudo.

Desta forma, opta-se pelo *design* quase-experimental em situações em que é difícil ou impossível o total controlo experimental (Tuckman, 2000), como é o caso do

verdadeiro mundo da educação, ou seja, o mundo com o qual o investigador (...) se confronta, está repleto de sérias limitações, relativamente à capacidade (...) de seleccionar os sujeitos ou atribuir-lhes condições de manipulação (Tuckman, 2000, p. 219).

Tuckman (2000), refere que apesar deste constrangimento do *design* quase-experimental, o investigador deve conduzir a investigação “com controlo experimental, até ao limite do razoável e de acordo com as características reais da situação” (p. 220).

Este *design* quase-experimental pode ser representado por:

Grupo experimental	O1	X	O3
Grupo de controlo	O2		O4

Em que:

O1 – medição do pré-teste para o grupo experimental;

O2 – medição de pré-teste para o grupo de controlo;

X – tratamento a que o grupo experimental foi sujeito;

O3 – medição de pós-teste para o grupo experimental;

O4 – medição de pós-teste para o grupo de controlo;

A linha a tracejado indica que se tratam de dois grupos equivalentes, mas não aleatórios.

Neste *design* procura-se sempre que os dois grupos se aproximem ao máximo quer em dimensão quer em características. Contudo, nos procedimentos estatísticos para o tratamento dos resultados, considera-se sempre dois grupos diferentes (Sousa, 2005). Almeida e Freire (1997) salientam que neste procedimento experimental é premente que se realize uma análise estatística dos resultados obtidos no pré-teste, para se poder aceitar que os dois grupos são equivalentes à partida em pelo menos uma das dimensões de análise. Ou seja, pretende-se verificar que à partida não há diferenças significativas entre os resultados O1 e O2. E foi o que fizemos, isto é, garantimos que não existem diferenças entre os grupos, tanto a nível do pensamento lógico, como a nível do planeamento.

Descrição do Processo (Abordagem Qualitativa)

Os estudos qualitativos abrangem todas as situações em que as preocupações do investigador se orientam para o estudo de interacções entre sujeitos e respectivos contextos, assim como formas de pensar, atitudes e percepções (Coutinho, 2007). Esta metodologia está mais ligada a métodos de observação naturalistas, que conduzem a dados do tipo narrativo, em que o investigador é o principal “instrumento de medida” e em que o objectivo do estudo é conseguir ter uma visão holística do fenómeno em análise (Deuzin & Lincoln, 1994).

Segundo Sousa (2005), nestas investigações “em vez da procura de leis que possam ser extensíveis a toda a população, estudos deste tipo procuram compreender os mecanismos, como funcionam certos comportamentos, atitudes e funções” (p. 31). Na opinião de Bogdan e Biklen (1991), a investigação qualitativa corresponde a “uma metodologia que enfatiza a descrição, a indução, a teoria fundamentada e o estudo das percepções pessoais” (citado por Sousa 2005, p. 32). Isto significa que nesta metodologia se estuda o fenómeno de uma forma flexível, sem *a priori* se ter expectativas e se levantar hipóteses, sendo as explicações teóricas baseadas na interpretação dos dados (Jonhson & Chistensen, 2004).

Os investigadores qualitativos estudam fenómenos no seu contexto natural, tentando interpretá-los em termos de significados que as pessoas lhes atribuem. Dentro desta perspectiva, podemos realizar uma investigação qualitativa segundo três eixos: um relacionado com a descrição do conteúdo do fenómeno, outro em que se pretende identificar a essência ou a estrutura do fenómeno e um terceiro relacionado com o desenvolvimento de formas para a representação dos fenómenos.

Lin (1986, citado por Inácio, 2006) considera que os dados provenientes de uma metodologia quantitativa e de uma metodologia qualitativa, podem complementar-se, dando um melhor contributo para a compreensão do problema.

Desenho da Investigação

A aplicação da metodologia decorreu, de uma forma geral, de acordo com a seguinte planificação:

Período	Procedimento
Outubro a Novembro de 2008	Preparação do projecto de investigação
Novembro de 2008	Concepção dos problemas de robótica que serviram de base ao ambiente experimental
Final de Novembro de 2008	Pré-teste: Passagem da Escala Colectiva de Desenvolvimento Lógico e Prova de Planeamento aos grupos experimental (GE) e de controlo (GC)
Novembro a Dezembro de 2008	Início da experiência com o GE
Dezembro de 2008 a Março de 2009	Investigação experimental em curso com o GE
Final de Março de 2009	Pós-teste: Passagem da Escala Colectiva de Desenvolvimento Lógico e da Prova de Planeamento aos GE e ao GC
Final de Abril de 2009	Entrevista a quatro alunos (um elemento de cada grupo seleccionados aleatoriamente) Aplicação dos questionários sobre a relação entre a robótica e a Física
Maio de 2009	Final da Investigação

Fundamentação Teórica dos Instrumentos de Recolha de Dados

Tendo em consideração os objectivos da investigação e a sua metodologia, optou-se por usar instrumentos de recolha de dados que permitissem obter um conjunto de dados apreciável, quer em quantidade, quer em pertinência.

Para tal, usou-se uma Prova de Planeamento concebida para esta investigação e a Escala de Colectiva de Desenvolvimento Lógico (ECDL). No que respeita à descrição do processo optou-se pela entrevista semi-estruturada, pela observação, e pela análise documental.

Prova de Planeamento

A prova de planeamento foi construída para se avaliar se as actividades de resolução de problemas de robótica estimulam competências de planeamento.

A prova foi construída com base em dois critérios:

- a) consulta de outras provas de planeamento construídas por Miranda (1998) e Pea e Kurland (1984), associadas a investigações no âmbito de linguagens de programação;
- b) na noção de planeamento consultada na literatura.

De acordo com Miranda (1998) e Pea e Kurland (1983 e 1984), uma prova de planeamento deve, em geral, apelar a uma situação que implique o planear e que em simultâneo permita ao solucionador exteriorizar o seu processo de planeamento. Relativamente a estes dois aspectos, estes autores consideram que o contexto de planeamento deve ser tal que o sujeito tenha necessidade de planear para encontrar a solução do problema

e que permita diferentes alternativas de solução, podendo ser feita uma classificação por níveis de desempenho.

Tomando estes critérios como linhas orientadoras e considerando os objectivos de investigação, optou-se por conceber uma prova de optimização tendo por base a teoria de grafos.

Para se chegar à versão final da prova - 2ª versão experimental (anexo IV), elaborou-se uma primeira versão que foi apresentada a quatro alunos do 11º ano, para verificar se o problema era discriminativo. Neste procedimento foram entrevistados os quatro alunos que deram a sua opinião sobre a prova e fizeram algumas sugestões para a formulação da versão final.

No que respeita à classificação da prova, optou-se por fazer uma análise quantitativa e qualitativa. Em relação à análise quantitativa, registou-se a duração da prova, número de tentativas e a resposta final. Quanto à análise qualitativa, os cenários de resposta/resolução foram organizados por sete níveis de desempenho, cuja descrição se encontra em anexo IV.

Escala Colectiva de Desenvolvimento Lógico (E.C.D.L.)

A Escala Colectiva de Desenvolvimento Lógico (ECDL) (anexo III) é uma prova de aplicação colectiva, que foi elaborada por Hornemann em 1975, que a define como uma “prova genética que utiliza o pensamento lógico tal como Piaget o definiu e permite determinar em que estágio de desenvolvimento intelectual se encontra o sujeito” (Baldy & Paterno, 1979, p. 30). Trata-se portanto de uma prova de inspiração piagetiana.

Em termos globais a prova é constituída por quatro sub-testes, cuja caracterização genérica se encontra apresentada no Quadro 4.

Quadro 4

Caracterização da ECDL.

Sub-teste	Descrição	Número de itens por estágio
Cruzamentos	Faz apelo à operação lógica de intercepção de duas classes.	16 itens do operatório intermédio.
Lâmpadas	Recorre-se à lógica das proposições.	2 itens do operatório concreto. 1 item do intermédio. 3 itens do operatório formal A.
Desenhos	Recorre-se a um sistema interiorizado de referência com base na noção operatória de espaço euclidiano.	3 itens do operatório concreto. 2 itens do intermédio. 3 itens do operatório formal B.
Jogo das letras	Recorre-se à permutação.	1 item do operatório concreto. 1 item do operatório formal A. 1 item do operatório formal B.

Os diferentes sub-testes permitem situar os desempenhos dos sujeitos de acordo com os cinco estádios de desenvolvimento: inferior ao concreto, concreto, intermédio, formal A e formal B.

Em termos de cotações, o posicionamento do indivíduo em relação ao estágio de desenvolvimento é atribuído de acordo com a cotação total da prova, como se mostra no Quadro 5.

Quadro 5

Estádios de desenvolvimento lógico de acordo com a ECDL. (Adaptado de Hornemann, 1979, p.83, citado em Carvalho, 2001).

Estádio	Resultado global
Inferior ao concreto	≤ 2
Operatório-concreto	3-8
Intermédio	9-13
Formal A	14-17
Formal B	18-20

Tratando-se de uma prova de avaliação de dimensões psicológicas, para a sua aplicação e cotação contamos com o apoio da orientadora da dissertação Guilhermina Lobato Miranda.

Questionário sobre a Relação da Robótica com a Física

Elaborou-se um questionário (anexo V) com o objectivo de avaliar se os alunos identificam relações entre os conceitos/leis da Física e os problemas de robótica.

Este instrumento é constituído por uma listagem das actividades de robótica realizadas durante a experiência e por uma listagem de conceitos/leis da física estudados ao longo do Ensino Secundário nas disciplinas de Física e Química A (ano 1 e ano 2) e Física do 12º ano.

Numa primeira fase foi solicitado aos alunos que identificassem os conceitos/leis que tinham utilizado em cada actividade e numa segunda fase que ordenassem esses conceitos por ordem decrescente de importância para a resolução dos problemas.

Observação

A observação, em geral, permite que o investigador capte os comportamentos no “momento em que eles se produzem em si mesmos” (Quivy & Campenhout, 2005, p. 196). Também Tuckman (2000) considera que o objectivo geral da observação é “observar o fenómeno ou evento em acção” (p. 523). Segundo este autor, observar “significa procurar/encontrar algo” (p. 523), como por exemplo, as relações entre os comportamentos dos sujeitos, os motivos que estão inerentes a esses comportamentos e os efeitos dos comportamentos sobre os acontecimentos.

Vários autores (Quivy & Campenhout, 2005; Cohen & Manion, 1994; Tuckman, 2000) consideram que esta técnica deve ser sempre guiada pelos objectivos da investigação. No nosso caso concebemos uma ficha de observação do processo que foi preenchida pelo investigador em todas as sessões (anexo II).

Optámos pela observação participante, uma vez que foi nosso objectivo estudar a forma como os alunos do grupo experimental resolviam os problemas de robótica. Ou seja, estudou-se o grupo segundo um determinado ponto de vista, tendo o investigador participado na vida colectiva do grupo, dado que é professor da turma. Esta opção é fundamentada pela opinião de Bogdan e Biklen (1994), que consideram que a observação participante permite ao investigador compreender melhor as acções dos sujeitos, quando são observados no seu ambiente natural.

Análise Documental

A análise documental é “uma operação ou um conjunto de operações que visa representar o conteúdo de um documento sob uma forma diferente da original, a fim de facilitar a sua referência” (Chaunier, 1974, citado por Sousa, 2005, p. 46).

Optou-se pela análise documental para uma melhor compreensão da forma como os alunos resolveram os problemas de robótica, em particular ao nível do planeamento. Desta forma, foram analisados os protocolos experimentais preenchidos pelos alunos durante as aulas e as fichas de observação de processo preenchidas pelo investigador.

Entrevista

De uma forma geral, a entrevista é um instrumento cujo sistema de recolha de dados consiste em obter informações questionando directamente cada sujeito (Sousa, 2005).

Bringham e Moore (1924, citados por Sousa, 2005) referem que a entrevista é uma conversa com um objectivo. Ghiglione e Matalon (1993) definem a entrevista como um encontro interpessoal que se desenrola num contexto e numa situação social determinadas, implicando a presença de um leigo e de um profissional. Assim sendo, a entrevista permite ao investigador retirar informações e elementos de reflexão muito ricos.

Para Bogdan e Biklen (1994)

uma entrevista consiste numa conversa intencional, geralmente entre duas pessoas, embora por vezes possa envolver mais pessoas, dirigida por uma das pessoas, com o objectivo de obter informações sobre a outra (p. 134).

Em relação aos dados obtidos através de uma entrevista, estes autores referem que

a entrevista é utilizada para recolher dados descritivos na linguagem do próprio sujeito, permitindo ao investigador desenvolver intuitivamente uma ideia sobre a maneira como os sujeitos interpretam aspectos do mundo (p. 134).

De acordo com a literatura consultada (Sousa, 2005; Bogdan & Biklen, 1994; Cohen & Manion, 1994; Ghiglione & Matalon, 1993), em geral, as entrevistas podem ser classificadas de três modos: estruturada, caracterizada pela existência de um guião previamente estabelecido com perguntas que envolvem respostas curtas e objectivas; semi-estruturada, caracterizada por uma certa orientação, deixando que o entrevistado siga uma linha de raciocínio; e não estruturada ou aberta, caracterizada por uma total abertura nas respostas dadas pelo entrevistado.

Atendendo ao enquadramento efectuado e aos objectivos desta investigação, optou-se pela entrevista semi-estruturada.

Em termos gerais, a elaboração de uma entrevista semi-estruturada envolve uma preparação cuidada, de forma a obter-se informação que possa ser objecto de análise por parte do investigador. Para que este processo decorra com sucesso o investigador deve elaborar um guião de entrevista, que servirá como linha orientadora para a aquisição dos dados. No nosso caso o guião de entrevista (anexo VI) foi elaborado de acordo com alguns blocos temáticos, estruturados de acordo com o esquema da Figura 7, seguindo as indicações de Estrela (2004).

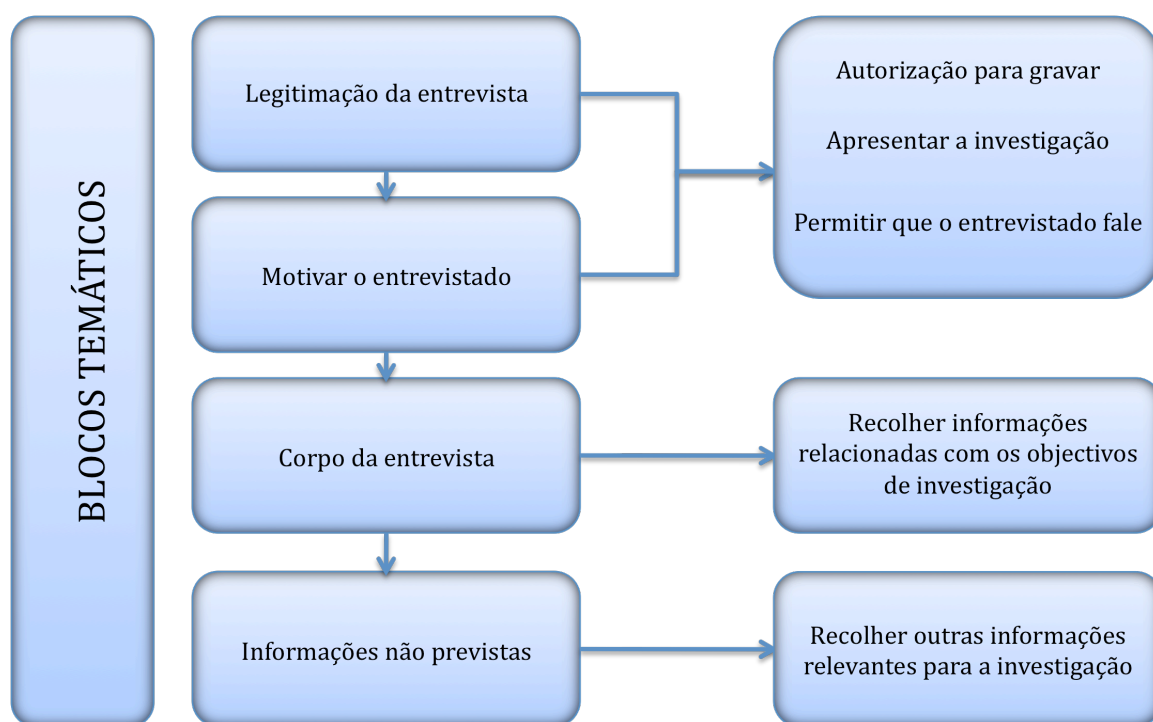


Figura 7. Esquema do guião de entrevista semi-estruturada utilizada na investigação, de acordo com as indicações de Estrela (2004).

Análise de Conteúdo

Os dados das entrevistas e das notas de campo foram sujeitos a análise de conteúdo, que segundo Stemler (2001, citado em Esteves, 2006) é uma “técnica sistemática e replicável para comprimir muitas palavras de texto em poucas categorias de conteúdo, baseadas em regras específicas de codificação” (p. 107).

Esta análise de conteúdo decorreu dos objectivos de investigação:

- Analisar a forma como os alunos resolvem os problemas de robótica;
- Recolher as opiniões dos alunos sobre esta metodologia de trabalho.

Tal como referimos no capítulo 5, realizámos quatro entrevistas semi-dirigidas a um elemento de cada grupo. Interessou-nos também estudar a forma como decorreu a experiência no seu quotidiano, pelo que elaborámos notas de campo. Estes dados foram tratados, o que levou a uma descrição analítica, que segundo Esteves (2006) pode originar uma teoria local ou *grounded theory*, “teoria ajustada a um determinado fenómeno situado num contexto específico” (p.110). Maroy (1997, p. 122, citado em Esteves, 2006) afirma que

é pois possível gerar uma teoria local, ancorada em factos, se, além da compreensão de relações ou acções, se verificar o esforço de produção de um esquema de inteligibilidade teórica que possa evidenciar, em doses variáveis, relações sistémicas, causais ou funcionais, processos, etc.

Com a descrição do processo de resolução dos problemas de robótica, pretendemos encontrar um modelo baseado nos dados provenientes da relação entre os dados das entrevistas aos alunos, as notas de campo do investigador e a análise dos protocolos experimentais preenchidos pelos alunos durante a experiência.

Neste método de análise, Glaser e Strauss (1967, citados em Moreira, 2007), consideram quatro momentos chave. Numa primeira fase os dados (protocolos das entrevistas e as notas de campo) foram sujeitos a uma microanálise, isto é, foi feita uma leitura e análise linha a linha, através da qual emergiu um sistema de categorias e de subcategorias. Segundo Fernandes e Almeida (2001), este procedimento corresponde a uma codificação aberta, que consiste na “decomposição, análise, comparação, conceptualização e categorização dos dados” (Strauss & Corbin, 1990, p.61, citados por Fernandes & Maia, 2001). Este procedimento de codificação assenta essencialmente num questionamento permanente e comparações, centrados nos objectivos de investigação.

Num segundo momento, segue-se o desenvolvimento das categorias iniciais (principais), sempre apoiado na comparação constante de informação. Nesta etapa, o investigador a partir de uma categoria deve procurar enquadrar o conjunto completo das suas propriedades, que segundo Strauss (1987), corresponde aos elementos: condições, interações, estratégias e consequências. No seguimento deste procedimento surge a codificação axial, que consiste na “análise intensiva feita em torno de uma das categorias” (Strauss, 1987, p.32). Para Fernandes e Maia (2001), o processo de construção do sistema de categorias é fruto das relações de “similaridades entre conceitos que parecem associar-se ao mesmo fenómeno” (p.57), o que no nosso caso corresponde à forma como os alunos resolveram os problemas de robótica.

Numa terceira fase surge a delimitação da teoria, que de acordo com Moreira (2007), “corresponde ao procedimento de operações analíticas de codificação aberta e de desenvolvimento de categorias conceptuais (codificação axial), com operações de integração e delimitação teórica” (p.264).

Como etapa final deste processo de análise temos a escrita da teoria, em que o investigador na presença de informações codificadas e de um conjunto de anotações e reflexões, consegue conceber o esquema para a teoria local (Glaser & Strauss, 1967, citados em Moreira, 2007). Esta fase é denominada por codificação selectiva que “consiste na selecção da categoria central, ou seja, do fenómeno à volta do qual todos os outros são integrados” (Fernandes & Maia, 2001, p. 60). Portanto, é a “fase em que o investigador constrói uma narrativa descritiva do fenómeno central do estudo” (Fernandes & Maia, 2001, p. 60).

O processo de codificação (categorização) foi realizado com recurso ao programa informático ATLAS.ti. Usou-se a nomenclatura deste programa informático, que corresponde à indicação do entrevistado: número da citação. Por exemplo, 1:1 corresponde à primeira citação do aluno 1.

Participantes

Embora tivéssemos garantido a equivalência dos grupos, no pré-teste, nas variáveis mais importantes do nosso estudo (nível de planeamento, nível de pensamento lógico, sexo, idade e percurso escolar), não utilizámos, como é comum nos estudos experimentais em Educação, uma amostra probabilística. Almeida e Freire (1997), referem que

em Psicologia e Educação recorre-se muitas vezes ao estudo de grupos e não de amostras, sobretudo quando não se tem como objectivo abarcar as características de uma população ou a generalização dos resultados (p. 104).

No nosso caso, opção pelo estudo de dois grupos é justificada pelos objectivos de investigação.

Assim, os sujeitos que participaram no nosso estudo eram alunos do Ensino Secundário que constituíram o grupo experimental e o grupo de controlo com as seguintes características:

- Grupo experimental – constituído por dez sujeitos do sexo masculino, do curso científico-humanísticos de Ciências e Tecnologias, com Física do 12º ano como disciplina de opção.
- Grupo de controlo – constituído por dez sujeitos do sexo masculino, do curso científico-humanísticos de Ciências e Tecnologias, com Biologia do 12º ano como disciplina de opção.

No grupo experimental os alunos encontravam-se distribuídos por quatro grupos de trabalho (dois grupos de três elementos e dois grupos de dois elementos).

Os elementos do grupo de controlo pertenciam a uma turma com 26 elementos (12 rapazes e 14 raparigas). A disciplina de Área de Projecto foi leccionada por uma professora da área científica de Biologia e utilizaram uma metodologia de projecto, dentro dessa área científica, essencialmente baseada em pesquisa e análise de documentos.

Procedimento Metodológico

Em termos globais o procedimento metodológico levado a cabo nesta investigação encontra-se apresentado no esquema da Figura 8.

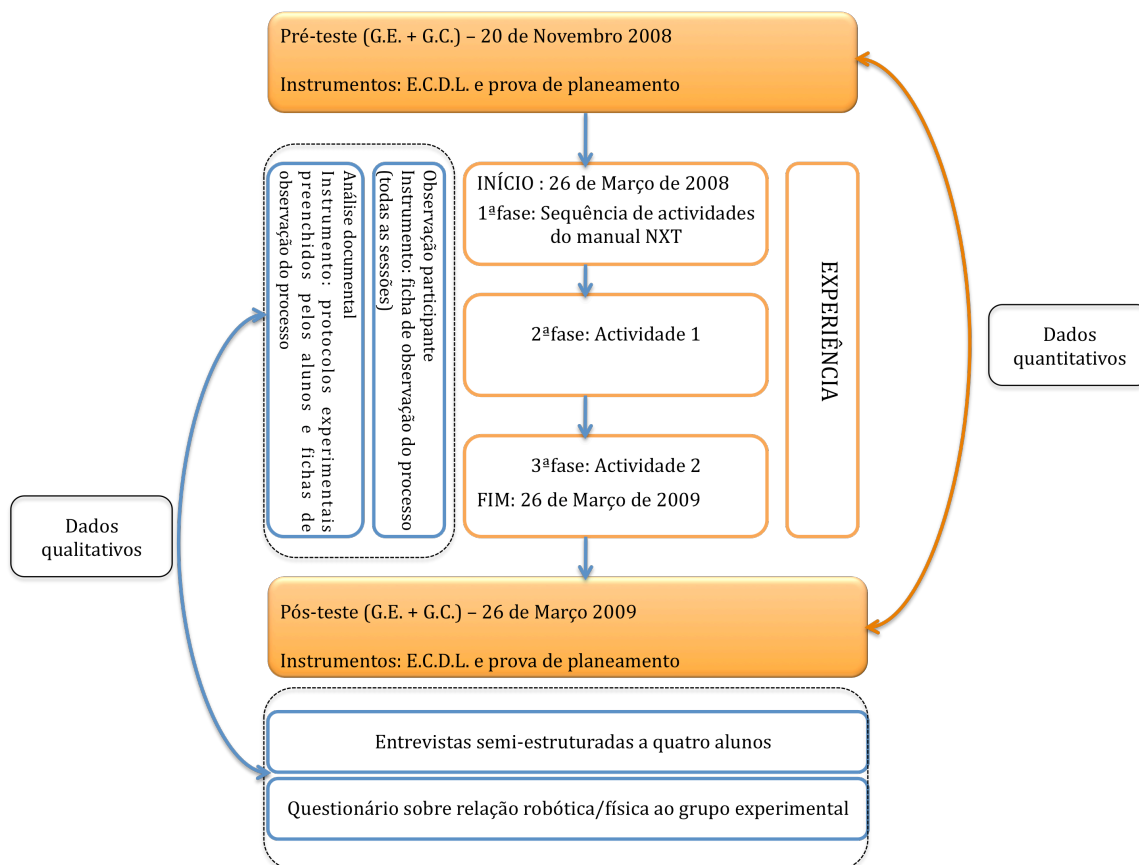


Figura 8. Esquema do procedimento metodológico da investigação.

Este trabalho teve início com a definição dos objectivos de investigação e com a concepção dos problemas de robótica, que serviram de base ao ambiente experimental criado para estimular a resolução de problemas (em particular o planeamento).

Decorrida esta fase, procedeu-se à realização do pré-teste aos dois grupos (experimental e de controlo), com a passagem da Escala Colectiva de Desenvolvimento Lógico e da Prova de Planeamento. Depois de caracterizados os dois grupos, em termos de pré-teste, ao nível do desenvolvimento lógico e da competência de planeamento, deu-se início à experiência com a realização das actividades de robótica de acordo com as três fases já descritas.

No decurso da experiência, o investigador (professor da turma) observou a forma como os alunos resolviam os problemas de robótica usando a ficha de registo do processo,

tendo especial atenção às questões levantadas pelos alunos, às dificuldades sentidas, ao nível de concentração e envolvimento nas tarefas e às estratégias usadas pelos diferentes grupos na resolução dos problemas. Este procedimento foi sempre repetido em todas as sessões. No final de cada sessão o investigador fez um balanço global de cada sessão com o intuito de melhorar o processo de recolha de dados por meio da observação. Estes dados foram sujeitos a uma leitura flutuante. A fase de implementação da experiência teve a duração de 27 sessões de 90 minutos.

Terminada a experiência, procedemos à realização do pós-teste (26 de Março de 2009) dos dois grupos com a passagem da Escala Colectiva de Desenvolvimento Lógico e da Prova de Planeamento, antes da interrupção lectiva da Páscoa, para se averiguar se houve evolução significativa dos grupos relativamente às variáveis nível de pensamento lógico e nível de planeamento.

Os dados dos pré e pós-teste, tanto da ECDL como da Prova de Planeamento foram tratados recorrendo ao programa informático SPSS versão 16.0 para MAC, que nos permitiu efectuar uma comparação entre variáveis dos dois momentos temporais e entre grupos.

Foram efectuadas quatro entrevistas semi-estruturadas no dia 30 de Abril depois de terem sido atribuídas as classificações de final de período, que corresponderam à avaliação do período em que se realizou a experiência e para permitir aprofundar alguns aspectos relacionados com a investigação do ponto de vista dos alunos. Todas as entrevistas foram previamente marcadas com os entrevistados, tendo sido gravadas em suporte áudio. Escolheu-se aleatoriamente um elemento de cada grupo de trabalho do grupo experimental. O discurso da entrevista foi transcrito e gravado em formato *Word* e sujeito a análise de conteúdo.

Por fim, aplicámos o questionário sobre a relação entre a robótica e a Física. Este questionário foi preenchido durante uma aula de Área de Projecto.

Formulação das Hipóteses

Como já referimos, para alcançar os objectivos deste trabalho, optou-se por uma metodologia experimental, com um *design* quase-experimental, complementada com uma abordagem descritiva do processo.

Desta forma, torna-se relevante explicitar as hipóteses de trabalho a testar com a metodologia usada. Como já referimos, utilizou-se a ECDL como forma de garantir que os dois grupos eram equivalentes à partida e no final da experiência, em termos de desenvolvimento cognitivo. Em relação a esta variável levantou-se a seguinte hipótese:

Hipótese 1: Os grupos experimental e de controlo são equivalentes (nos pré e pós teste) em termos de desenvolvimento lógico.

As hipóteses estatísticas assumem o formato seguinte:

H_0 : o valor médio da ECDL no pré-teste é diferente do valor médio da ECDL no pós-teste para ambos os grupos *versus* H_1 : o valor médio da ECDL no pré-teste é igual ao valor médio da ECDL no pós-teste para ambos os grupos.

Tendo em consideração que um dos objectivos da investigação é avaliar o impacto dos problemas de robótica nas competências de resolução de problemas dos alunos, em particular no planeamento, levantou-se a seguinte hipótese relativamente a esta variável:

Hipótese 2: A resolução de problemas mal-estruturados de robótica estimula o treino de competências ao nível do planeamento.

As hipóteses estatísticas assumem o formato seguinte:

Grupo experimental:

H_0 : o desempenho na prova de planeamento no pré-teste é maior ou igual ao desempenho da prova de planeamento no pós-teste

versus

H_1 : o desempenho na prova de planeamento no pré-teste é menor do que o desempenho da prova de planeamento no pós-teste

Grupo de controlo:

H_0 : o desempenho na prova de planeamento no pré-teste é diferente do desempenho da prova de planeamento no pós-teste

versus

H_1 : o desempenho na prova de planeamento no pré-teste é igual ao desempenho da prova de planeamento no pós-teste

A obtenção dos dados para o teste de hipóteses ocorreu de acordo com o seguinte plano experimental:

Grupo experimental	O1 O2	Ambiente experimental	O5 O6
Grupo de controlo	O3 O4		O7 O8

Em que:

O1 e O3 correspondem à passagem da ECDL do pré-teste;

O2 e O4 correspondem à passagem da Prova de Planeamento do pré-teste;

O5 e O7 correspondem à passagem da ECDL do pós-teste;

O6 e O8 correspondem à passagem da Prova de Planeamento do pós-teste.

Salientamos ainda que a ECDL e a Prova de Planeamento foram aplicadas separadamente aos dois grupos e que a passagem da ECDL foi realizada com a supervisão no local da orientadora científica deste trabalho, que também assistiu a uma das sessões de trabalho do grupo experimental.

CAPÍTULO 6 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Tal como foi referido no capítulo 5 (procedimento metodológico) efectuou-se um pré e um pós-teste ao grupo experimental (GE) e ao grupo de controlo (GC), tendo sido medidas as variáveis descritas no Quadro 6.

Quadro 6

Variáveis medidas nos pré e pós teste, escala e notação utilizada no texto.

Variável	Escala	Notação
Nível de pensamento lógico	Intervalar	ECDL_pré ECDL_pós
Nível de planeamento	Ordinal	Planeamento_pré Planeamento_pós
Tempo de resolução da prova de planeamento	Intervalar	Duração_pré Duração_pós

O resultado da ECDL (nível de pensamento lógico) e o tempo de resolução da prova de planeamento (em minutos) são variáveis que se enquadram numa escala intervalar. Para o nível de pensamento lógico consideramos o resultado obtido, por cada sujeito, na ECDL (entre 0 e 20). À variável nível de planeamento está associada uma escala ordinal, dado que os respectivos valores são atribuídos de uma forma não arbitrária e podem ser ordenados variando entre 1 e 7.

Nos gráficos da Figura 9 apresentam-se os resultados obtidos para o resultado da ECDL dos pré e pós-teste para os dois grupos.

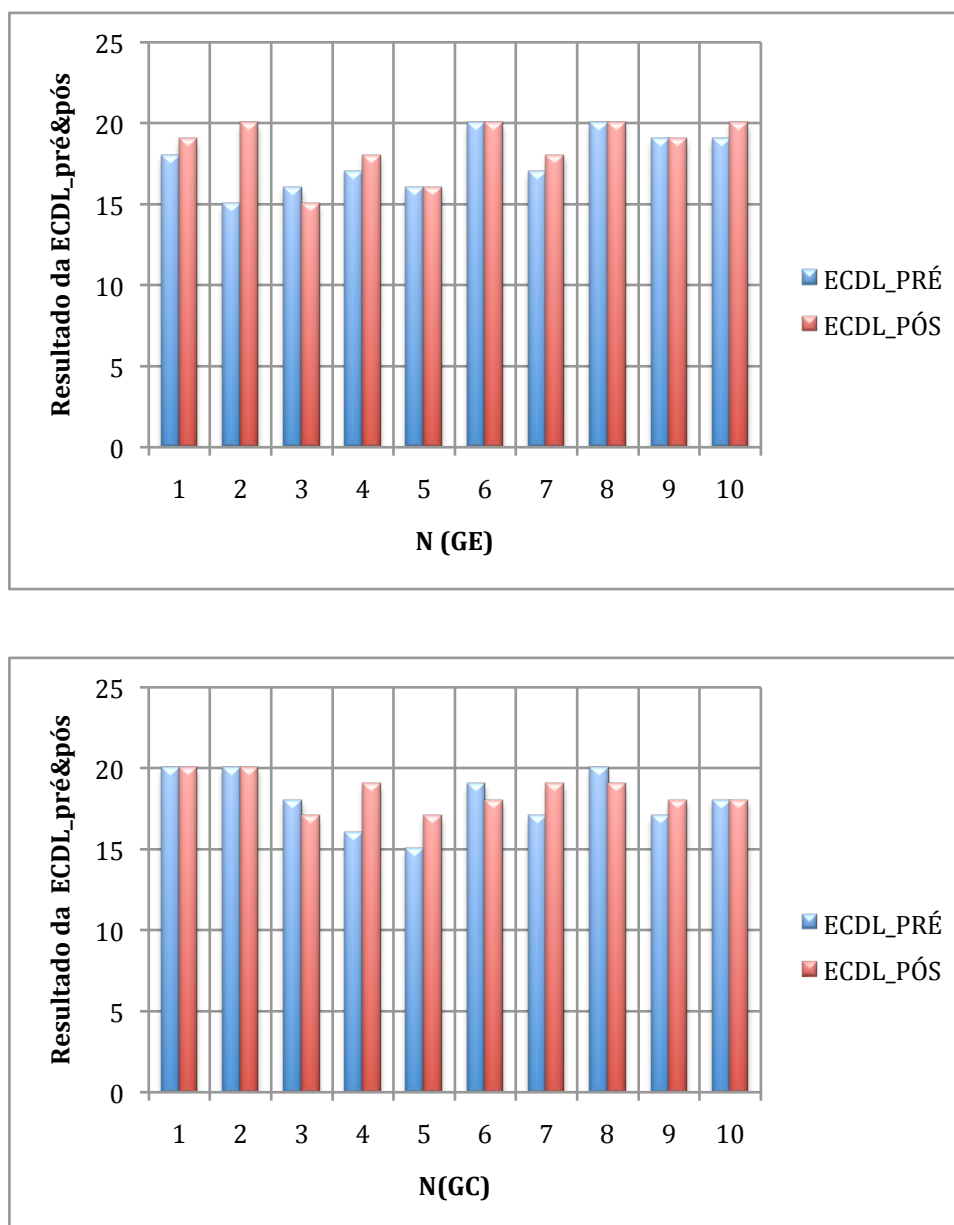


Figura 9. Resultados obtidos pelos dois grupos na ECDL nos pré e pós teste.

Relativamente aos dados representados na Figura 9, podemos afirmar que todos os sujeitos estão num nível de pensamento lógico correspondente ao estágio formal A ou B.

Os gráficos da Figura 10 e da Figura 11 traduzem os resultados obtidos para as variáveis nível de planeamento e duração da prova de planeamento, para os grupos experimental e de controlo, nos pré e pós-teste.

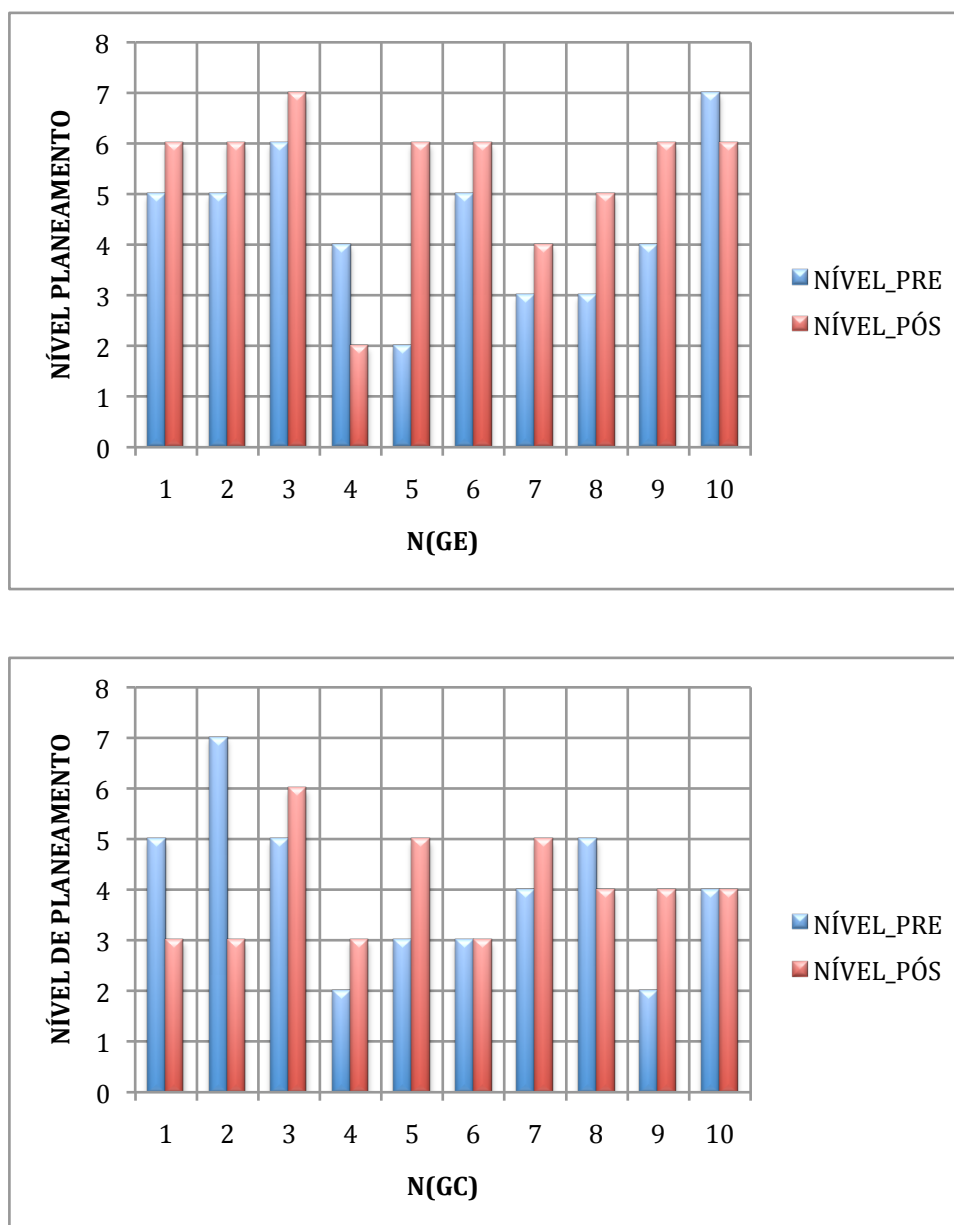


Figura 10. Nível de planeamento obtido pelos grupos experimental e de controlo na prova de planeamento, nos pré e pós teste.

Relativamente aos gráficos da Figura 10, verifica-se que o grupo experimental aparenta ter evoluído mais ao nível do planeamento. Este facto é corroborado pela informação apresentada nos gráficos da Figura 11 que dizem respeito aos resultados para o tempo de duração da prova de planeamento. Ainda em relação a esta variável, observa-se que

tende a diminuir em valor do pré para o pós-teste, sendo esta variação mais acentuada para o grupo experimental.

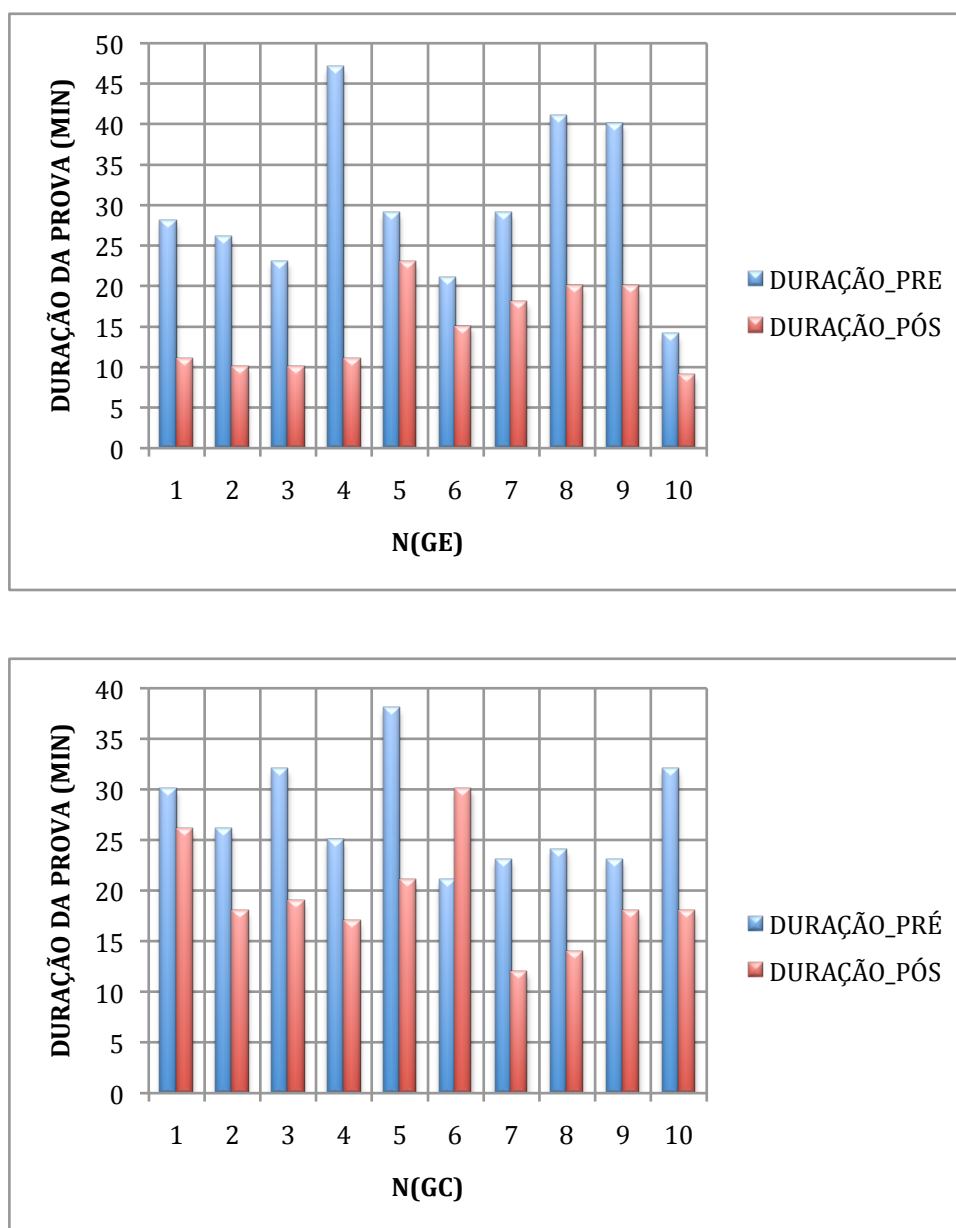


Figura 11. Duração da prova de planeamento para os grupos experimental e de controlo nos pré e pós-teste.

Em suma, atendendo aos nossos objectivos de investigação e aos resultados obtidos na parte experimental, torna-se relevante estudar a equivalência dos dois grupos no pré-teste e no pós-teste, da variável nível de pensamento lógico, uma vez que essa foi utilizada como

variável de controlo. Ainda relativamente a esta variável pretende-se averiguar qual foi a evolução de cada um dos grupos do pré para o pós-teste.

No que diz respeito ao planeamento, temos duas variáveis em estudo: nível de planeamento e duração da prova de planeamento. Neste caso, quanto ao nível de planeamento, pretendemos verificar a equivalência dos grupos à partida, testar se houve uma evolução significativa e, para a duração da prova, se há ou não diferenças entre os dois grupos no pós-teste.

Desta forma, na próxima secção fazemos uma análise detalhada dos resultados obtidos no tratamento estatístico, com o intuito de responder aos nossos objectivos de investigação.

Estudo da Variável Nível de Pensamento Lógico

A significância da equivalência dos dois grupos ao nível do pensamento lógico (resultado da ECDL) foi avaliada com o teste *t-Student* para amostras independentes. Segundo Maroco (2007), “o teste de *t-Student* é utilizado para testar se os valores médios de duas populações são ou não significativamente diferentes” (p. 147). Este teste pressupõe que a variável dependente tenha distribuição normal e variâncias homogéneas.

De seguida apresentam-se os resultados para o ajuste à normalidade (Teste de Kolmogorov-Smirnov) da variável ECDL no pré e pós-teste para os dois grupos (Quadro 7), assim, como o teste de Levene para a homogeneidade de variâncias (Quadro 8).

Quadro 7

Ajuste à normalidade da variável ECDL.

Variável	Teste	Kolmogorov-Smirnov	
		Estatística	Sig.
ECDL	Pré-teste (GE)	0,535	0,937
	Pós-teste (GE)	0,666	0,767
	Pré-teste (GC)	0,543	0,930
	Pós-teste (GC)	0,834	0,490

Quadro 8

Teste de homogeneidade de variâncias para as variáveis ECDL_pré e ECDL_pós.

Variável	Teste de Levene para homogeneidade de variâncias entre GE e GC	
	F	Sig.
ECDL_pré	0,064	0,803
ECDL_pós	1,991	0,175

Observando os resultados apresentados no Quadro 7 para o teste Kolmogorov-Smirnov, verifica-se que o valor de *p-value* (Sig.) é, em todos os casos maior do que 0,05, pelo que podemos concluir que em todas as situações as variáveis relacionados com a ECDL têm distribuição normal. Relativamente à homogeneidade das variâncias (Quadro 8), os resultados para o teste Levene indicam que há homogeneidade de variâncias, uma vez que *p-value* (Sig.) é maior do que 0,05.

Assim, podemos concluir que a estatística de teste a utilizar para o teste *t-Student* é a que corresponde a variâncias iguais.

No Quadro 9 encontram-se apresentados os resultados do estudo de estatística descritiva para a variável ECDL nos pré e pós-teste para os dois grupos.

Quadro 9

Resultados da estatística descritiva para as variáveis ECDL_pré e ECDL_pós para os dois grupos.

Variável	Grupo	N	Média	Desvio padrão	Desvio-padrão da média
ECDL_pré	Experimental	10	17,7000	1,76698	0,55877
	Controlo	10	18,0000	1,76383	0,55777
ECDL_pós	Experimental	10	18,5000	1,77951	0,56273
	Controlo	10	18,5000	1,08012	0,34157

Os resultados que constam no Quadro 9 indicam-nos que não há grande variação dos resultados obtidos na ECDL, quer no tempo (pré e pós-teste), quer dentro de cada grupo.

Consideram-se estatisticamente significativas as diferenças entre as médias cujo valor de *p-value* do teste é inferior ou igual a 0,05, isto é, situação em que se rejeita a hipótese nula.

No nosso caso, as hipóteses a testar são:

- H_0 : o valor médio da ECDL no pré-teste para o GE é igual ao valor médio da ECDL no pré-teste para o GC *versus* H_1 : valor médio da ECDL no pré-teste para o GE é diferente do valor médio da ECDL no pré-teste para o GC.
- H_0' : o valor médio da ECDL no pós-teste para o GE é igual ao valor médio da ECDL no pós-teste para o GC *versus* H_1' : valor médio da ECDL no pós-teste para o GE é diferente do valor médio da ECDL no pós-teste para o GC.

Quadro 10

Resultados do teste t-student para a igualdade de médias das variáveis ECDL_pré e ECDL_pós.

Variável		t-student para igualdade de médias						
		t	gl	Sig.(2-tailed)	Diferença de médias	Desvio-padrão da diferença de médias	Intervalo de confiança a 95%	
							Limite inferior	Limite superior
ECDL_pré	Assumindo iguais variâncias	-0,380	18	0,708	-0,30000	0,78951	-1,95871	1,3587
ECDL_pós		0,000	18	1,000	0,0000	0,65828	-1,38300	1,38300

Do Quadro 10, podemos verificar que para a ECDL_pré temos *p-value* (*Sig – 2 tailed*) = 0,708 e para a ECDL_pós temos *p-value* (*Sig – 2 tailed*) = 1,000, que são francamente superiores a 0,05, e portanto não rejeitamos a hipótese nula. Logo, podemos afirmar que não há diferenças significativas nos dois grupos.

Também nos interessa avaliar se houve uma evolução significativa nos dois grupos ao nível do pensamento lógico. Para este estudo, optou-se pelo teste *t-Student* para amostras emparelhadas, uma vez que se pretende avaliar a evolução da variável ECDL dentro de cada grupo, isto é, do pré-teste para o pós-teste.

Quadro 11

Correlação de Pearson entre as variáveis ECDL_pré e ECDL_pós para o grupo experimental.

	N	Correlação	Sig.
ECDL_pré & ECDL_pós	10	0,583	0,077

Quadro 12

Resultados do teste t-Student para as variáveis ECDL_pré e ECDL_pós para o grupo experimental.

	Diferença de valores médios em amostras emparelhadas							
	Média	Desvio padrão	Desvio-padrão da média	Intervalo de confiança a 95% para a diferença		t	gl	Sig. (2-tailed)
				Limite inferior	Limite superior			
ECDL_pré & ECDL_pós	-0,80000	1,61933	0,51208	-1,95840	0,35840	-1,562	9	0,153

Quadro 13

Correlação de Pearson entre as variáveis ECDL_pré e ECDL_pós para o grupo de controlo.

	N	Correlação	Sig.
ECDL_pré & ECDL_pós	10	0,583	0,077

Quadro 14

Resultados do teste t-Student para as variáveis ECDL_pré e ECDL_pós para o grupo de controlo.

	Diferença de valores médios em amostras emparelhadas							
	Média	Desvio padrão	Desvio-padrão da média	Intervalo de confiança a 95% para a diferença		t	gl	Sig. (2-tailed)
				Limite inferior	Limite superior			
ECDL_pré & ECDL pós	-0,50000	1,43372	0,45338	-1,52562	0,52562	-1,103	9	0,299

No que respeita aos resultados obtidos para a correlação de Pearson (Quadros 11 e 13), temos $r_{GE} = r_{CG} = 0,563$, $p\text{-value (Sig.)} = 0,077$, o que significa que a correlação entre as duas variáveis para os dois grupos é igual, sendo pouco significativa.

Uma vez que pretendemos averiguar se ocorreu ou não evolução significativa ao nível do pensamento lógico do pré para o pós-teste nos dois grupos, vamos testar as hipóteses seguintes: H_0 : valor médio da ECDL no pré-teste é igual ao valor médio da ECDL no pós-teste *versus* H_1 : valor médio da ECDL no pré-teste é diferente do valor médio da ECDL no pós-teste, para os dois grupos.

Observando os dados dos quadros 12 e 14, temos que $p\text{-value (Sig. 2-tailed)}_{GE} = 0,153$ e $p\text{-value (Sig. 2-tailed)}_{GC} = 0,299$, que são superiores a 0,05, pelo que não podemos rejeitar a hipótese nula. Desta forma, podemos afirmar que não ocorreu alteração significativa dos dois grupos ao nível da ECDL.

Em suma, para a variável nível de pensamento lógico, medido com a ECDL, podemos afirmar que:

- Não há diferenças significativas entre os dois grupos nos pré e pós-teste, ou seja, os dois grupos são equivalentes neste domínio;
- Não há evolução significativa nos dois grupos.

Assim, podemos considerar que para o nosso estudo experimental o nível de pensamento lógico desempenha um papel de variável de controlo, pelo que o efeito dos problemas de robótica sobre os desempenhos dos sujeitos do grupo experimental, ao nível do planeamento não se devem a uma evolução no domínio do pensamento formal.

Estudo da Variável Nível de Planeamento

Tal como já foi referido, esta variável é ordinal, pelo que os testes estatísticos aplicados são não-paramétricos.

Para se averiguar as equivalências dos dois grupos em termos de nível de planeamento utilizamos o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney, que segundo Maroco (2007) “é um teste não paramétrico adequado para comparar as funções distribuição de uma variável ordinal medida em duas amostras independentes” (p. 219).

Quadro 15

Dimensão dos grupos, média das ordens e soma das ordens.

	Grupo	N	Média das ordens	Soma das ordens
Nível de planeamento	Experimental	10	11,30	113,00
	Controlo	10	9,70	97,00

Quadro 16

Resultados do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney, para a variável nível de planeamento no pré-teste para os grupos experimental e de controlo.

Estatística do teste ^b	
	Nível de planeamento no pré-teste
Mann-Whitney U	42,000
Wilcoxon	97,000
Z	-0,619
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,536
Exact Sig. ((2*(1-tailed sig.))	0,579 ^a

a. Sem correcção de empates.

b. Variável de agrupamento: grupo.

Tal como já referimos, com este teste pretendemos avaliar a equivalência dos grupos no pré-teste, com o intuito de se investigar o impacto dos problemas de robótica sobre as competências de planeamento dos alunos. Assim, temos como objectivo testar a seguinte hipótese: H_0 : a distribuição do nível de planeamento do grupo experimental é igual à distribuição do nível de planeamento do grupo de controlo *versus* H_1 : a distribuição do nível de planeamento do grupo experimental é diferente da distribuição do nível de planeamento do grupo de controlo.

Pelos resultados apresentados no Quadro 16, temos *p-value* (*Exact Sig. ((2*(1-tailed sig.))*) = 0,579 > 0,05, pelo que não podemos rejeitar a hipótese nula. Assim, concluímos que os dois grupos são equivalentes no pré-teste em termos do nível de planeamento.

De forma a responder aos nossos objectivos de investigação, torna-se relevante estudar a evolução de cada um dos grupos ao nível do planeamento. Para tal, vamos usar um teste não paramétrico para comparar duas populações a partir de amostras emparelhadas - o teste de Wilcoxon, uma vez que pretendemos analisar a evolução de cada grupo. Este teste é utilizado para amostras emparelhadas e quando a variável em estudo é medida numa escala ordinal (Maroco, 2007).

Desta forma, com este teste pretendemos testar hipóteses sobre a distribuição da variável nível de planeamento em cada um dos dois grupos. Assim, para ambos os grupos vamos testar as hipóteses: H_0 : a distribuição do nível do planeamento no pré-teste é maior ou igual do que a distribuição do nível de planeamento no pós-teste *versus* H_1 : a distribuição do nível do planeamento no pré-teste é menor do que a distribuição do nível de planeamento no pós-teste.

Nos Quadros 17 e 18 apresentamos os resultados da estatística descritiva para a variável nível de planeamento para os grupos experimental e de controlo, respectivamente.

Quadro 17

Estatística descritiva para a variável nível de planeamento no grupo experimental.

Variável	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Nível de planeamento pré	10	4,4000	1,50555	2,00	7,00
Nível de planeamento pós	10	5,4000	1,42984	2,00	7,00

Quadro 18

Estatística descritiva para a variável nível de planeamento no grupo de controlo.

Variável	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Nível de planeamento pré	10	4,0000	1,56347	2,00	7,00
Nível de planeamento pós	10	4,0000	1,05409	3,00	6,00

Analisando os dados dos Quadros 17 e 18, podemos concluir que em média o grupo experimental evoluiu mais favoravelmente em termos da variável nível de planeamento ($m_{\text{pós-teste}} > m_{\text{pré-teste}}$). Quanto ao desempenho do grupo de controlo, podemos afirmar que, em média, a evolução em termos de nível de planeamento não foi tão acentuada como no grupo experimental. Outra observação interessante destes dados está relacionada com a dispersão das medidas, que podemos comparar através da determinação do coeficiente de variação (CV) para a variável nível de planeamento nos pré e pós-teste. Assim, temos para o grupo experimental $CV_{\text{pré}} = 34\%$ e $CV_{\text{pós}} = 26\%$ e para o grupo de controlo $CV_{\text{pré}} = 39\%$ e $CV_{\text{pós}} = 26\%$. Este coeficiente permite-nos concluir que há maior dispersão das medidas no pré-teste para ambos os grupos, o que pode ser explicado pelo facto de no pré-teste os sujeitos terem tido o primeiro contacto com a Prova de Planeamento. Portanto, não podemos desprezar o efeito de aprendizagem por parte dos sujeitos, relativamente à situação problema apresentada na prova de planeamento.

Ainda no domínio da estatística descritiva, podemos utilizar o diagrama de extremos e quartis, representado na Figura 12, que nos dá uma visão mais intuitiva da variável em estudo.

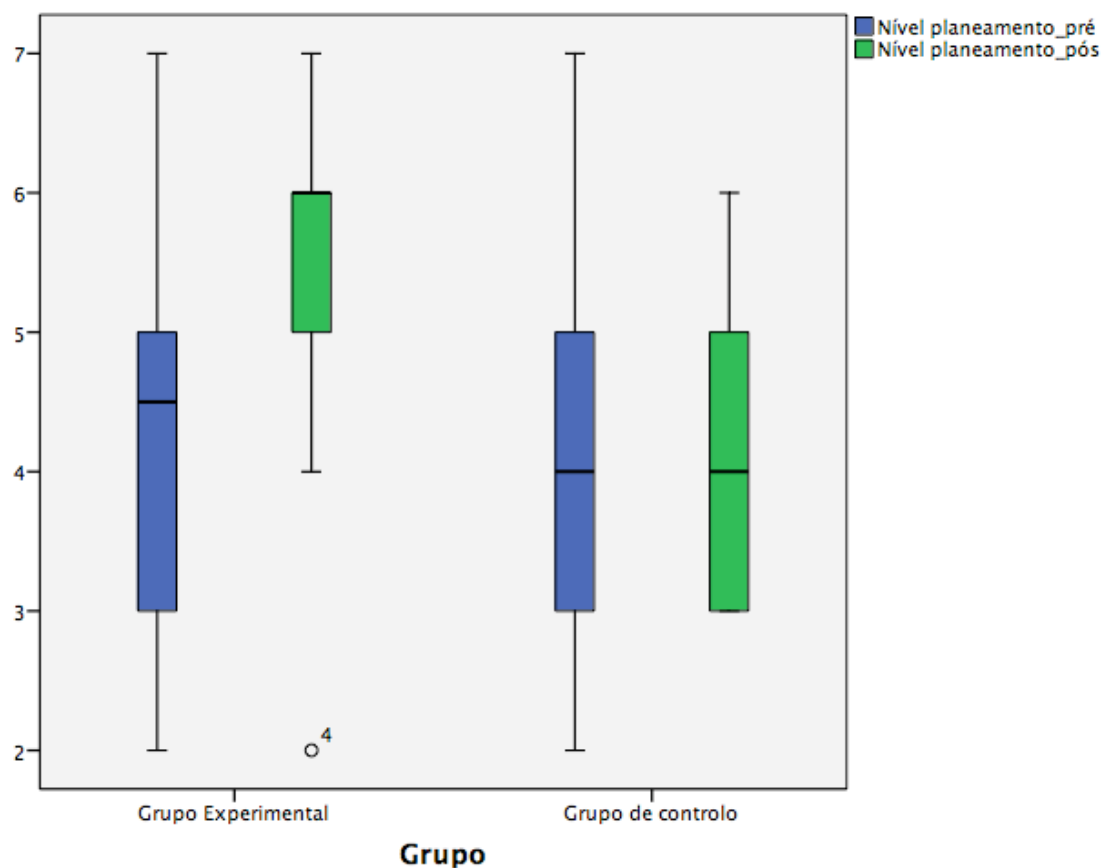


Figura 12. Diagrama de extremos e quartis para a variável nível de planeamento para os dois grupos nos pré e pós-teste.

Do diagrama de extremos e quartis apresentado na Figura 12, podemos observar que no grupo experimental a evolução ao nível do planeamento foi mais pronunciada, do que a evolução no grupo de controlo. Esta diferença é avaliada comparando as posições relativas dos 1º, 2º e 3º quartis.

Este estudo mais descritivo leva-nos a afirmar que o grupo experimental revelou um comportamento diferente do pré para o pós-teste ao nível de planeamento.

Nos Quadros 19 e 20 apresenta-se a relação entre as ordens para os dois grupos.

Quadro 19

Relação entre ordens para o grupo experimental.

		N	Média das ordens	Soma das ordens
nível de planeamento_pós – nível de planeamento_pré	Ordens negativas	2 ^a	5,75	11,50
	Ordens positivas	8 ^b	5,44	43,50
	Empates	0 ^c		
	Total	10		

a. Nível de planeamento_pós < Nível de planeamento_pré.

b. Nível de planeamento_pós > Nível de planeamento_pré.

c. Nível de planeamento_pós = Nível de planeamento_pré.

Quadro 20

Relação entre ordens para o grupo de controlo.

		N	Média das ordens	Soma das ordens
nível de planeamento_pós – nível de planeamento_pré	Ordens negativas	3 ^a	5,50	16,50
	Ordens positivas	5 ^b	3,90	19,50
	Empates	2 ^c		
	Total	10		

a. Nível de planeamento_pós < Nível de planeamento_pré.

b. Nível de planeamento_pós > Nível de planeamento_pré.

c. Nível de planeamento_pós = Nível de planeamento_pré.

Relativamente aos resultados obtidos para a relação de ordens para os dois grupos (Quadros 19 e 20), verifica-se que para o grupo experimental o número de sujeitos que evoluiu favoravelmente é superior porque há um maior número de diferenças positivas.

Nos Quadros 21 e 22 estão apresentados os resultados para a estatística do teste de Wilcoxon, para a variável nível de planeamento, onde se indica a estatística *Z*, o respectivo valor de *p-value* (*asympt. Sig 2-tailed*), bem como os valores de *p-value* (*exact-1-tailed*) e *p-value* (*exact-2-tailed*). Estes valores exactos de *p-value* foram obtidos com a versão *SPSS 17.0* para *Mac*. Optou-se pela determinação destes parâmetros, porque, segundo Maroco

(2007) para amostras de pequenas dimensões devemos analisar o valor de *p-value* unilateral (*exact- 1-tailed*). Este autor refere ainda que para se considerar o teste unilateral à esquerda ou à direita, temos de averiguar se a maior média das ordens é a de sinal positivo ou a de sinal negativo. No nosso caso, a maior média é de sinal negativo, por isso vamos considerar o teste unilateral à esquerda. Para além disso, atendendo à natureza da hipótese em teste devemos considerar o teste unilateral.

Quadro 21

Resultados do teste de Wilcoxon aplicado à variável nível de planeamento para o grupo experimental.

Teste estatístico ^b	Nível de planeamento_pós – nível de planeamento_pre
Z	-1,674 ^a
Asymp Sig (2-tailed)	0,094
Exact Sig (2-tailed)	0,125
Exact Sig (1-tailed)	0,063
Point prob	0,018

- a. Baseado nas ordens negativas
- b. Wilcoxon signed ranks test.

Quadro 22

Resultados do teste de Wilcoxon aplicado à variável nível de planeamento para o grupo de controlo.

Teste estatístico ^b	Nível de planeamento_pós – nível de planeamento_pre
Z	-0,214 ^a
Asymp Sig (2-tailed)	0,831
Exact Sig (2-tailed)	0,852
Exact Sig (1-tailed)	0,426
Point prob	0,047

- a. Baseado nas ordens negativas.
- b. Wilcoxon signed ranks test.

Assim temos para o *p-value* (*exact.sig (1-tailed)*) 0,063 para o grupo experimental e 0,426 para o grupo de controlo. Verifica-se que nos dois grupos o valor de *p-value* (*exact.sig (1-tailed)*) > 0,05, pelo que não podemos rejeitar a hipótese nula, isto é, não há alterações

estatisticamente significativas ao nível da variável nível de planeamento a 5 %, mas para um nível de significância de 10 % já podemos afirmar que existem diferenças no nível de planeamento no grupo experimental.

Assim, acreditamos que a experiência de robótica produziu efeitos ao nível do planeamento no grupo experimental.

Acreditamos que o facto de as alterações não serem estatisticamente mais significativas se deve essencialmente a dois factores: em primeiro lugar à dimensão reduzida da amostra e em segundo lugar ao efeito de aprendizagem dos sujeitos acerca do problema da Prova de Planeamento, que vem no sentido de explicar a diferença de coeficiente de variação do pré-teste para o pós-teste.

De acordo com as recomendações do *Publication Manual of the American Psychological Association* – 5ªed., (citado em Coelho, Cunha e Martins, 2008), para se “compreender melhor a importância das descobertas, é quase sempre necessário incluir algum indicador de magnitude de efeito (*effect size*), no relatório de investigação” (p.110). Por outras palavras, devemos apresentar os valores de *p-value* acompanhados por uma medida de magnitude de efeito.

Deste modo, seguindo estas recomendações consideramos relevante fazer uma determinação da magnitude do efeito. Segundo Coelho, Cunha e Martins (2008), “a magnitude de efeito é numa acepção geral, a grandeza efectiva do resultado de uma investigação” (p.110). Isto porque as medidas de magnitude descrevem a grandeza de um resultado não afectada pela dimensão da amostra.

No nosso caso queremos avaliar a magnitude da relação entre a condição pré/pós-teste para uma variável ordinal (nível de planeamento). Segundo Welkowitz, Cohen e Ewen

(2006), podemos recorrer ao coeficiente de correlação bisserial por ordens para pares emparelhados, r_C , (*matched pairs rank biserial correlation*). A determinação de r_C exige que os dados amostrais sejam organizados da seguinte forma:

- Determinar as diferenças, D_i , entre as observações referentes aos pré e pós-teste (Quadros 23 e 24);
- Ordenar por ordem crescente dos valores absolutos das diferenças não nulas e atribuir um número de ordem a cada D_i de 1 até n , em que n representa o número de diferenças não nulas. Como no nosso caso temos uma série de empates, deve-se atribuir a média do número de ordens que teriam se não fossem situações de empate (Quadros 23 e 24).

Quadro 23

Resultados das diferenças e números de ordem para o grupo experimental ($n=10$; $T^+=36$).

Sujeito	Pré-teste	Pós-teste	$D_i = \text{pós-pré}$	$ D_i $	nº de ordem	Nº de ordem $D_i > 0$
1	5	6	1	1	3,5	3
2	5	6	1	1	3,5	3
3	6	7	1	1	3,5	3
4	4	2	-2	2	8	-
5	2	6	4	4	10	8
6	5	6	1	1	3,5	3
7	3	4	1	1	3,5	3
8	3	5	2	2	8	6,5
9	4	6	2	2	8	6,5
10	7	6	-1	1	3,5	-

Quadro 24

Resultados das diferenças e números de ordem para o grupo experimental. ($n=8$; $T^+=14$).

Sujeito	Pré-teste	Pós-teste	$D_i = \text{pós-pré}$	$ D_i $	nº de ordem	Nº de ordem $D_i > 0$
1	5	3	-2	2	6	-
2	7	3	-4	4	8	-
3	5	6	1	1	2,5	2
4	2	3	1	1	2,5	2
5	3	5	2	2	6	4,5
6	3	3	0	0	-	-
7	4	5	1	1	2,5	2
8	5	4	-1	1	2,5	-
9	2	4	2	2	6	4,5
10	4	4	0	0	-	-

O coeficiente de correlação bisserial, r_C , é determinado pela expressão:

$$r_C = \frac{4T^+ - n(n+1)}{n(n+1)}$$

em que T^+ representa a soma dos números de ordem com diferença de sinal positivo e n o número de diferenças não nulas. Analisando esta expressão, verifica-se que r_C toma valores entre -1 e +1. No nosso estudo pretendemos analisar a evolução dos dois grupos ao nível do planeamento do pré para o pós-teste, pelo que quanto mais próximo de +1 for r_C , maior é a evolução do grupo.

Assim, para os nossos resultados de investigação temos r_C (GE) = 0,31 e r_C (GC) = -0,17, logo, podemos concluir com maior segurança que os problemas de robótica afectaram

de uma forma mais positiva as competências de planeamento dos sujeitos do grupo experimental.

Estudo da Variável Duração da Prova de Planeamento

Ainda em relação à competência planeamento fomos estudar a variável duração da prova de planeamento, cujo o diagrama de extremos e quartis se encontra na Figura 13.

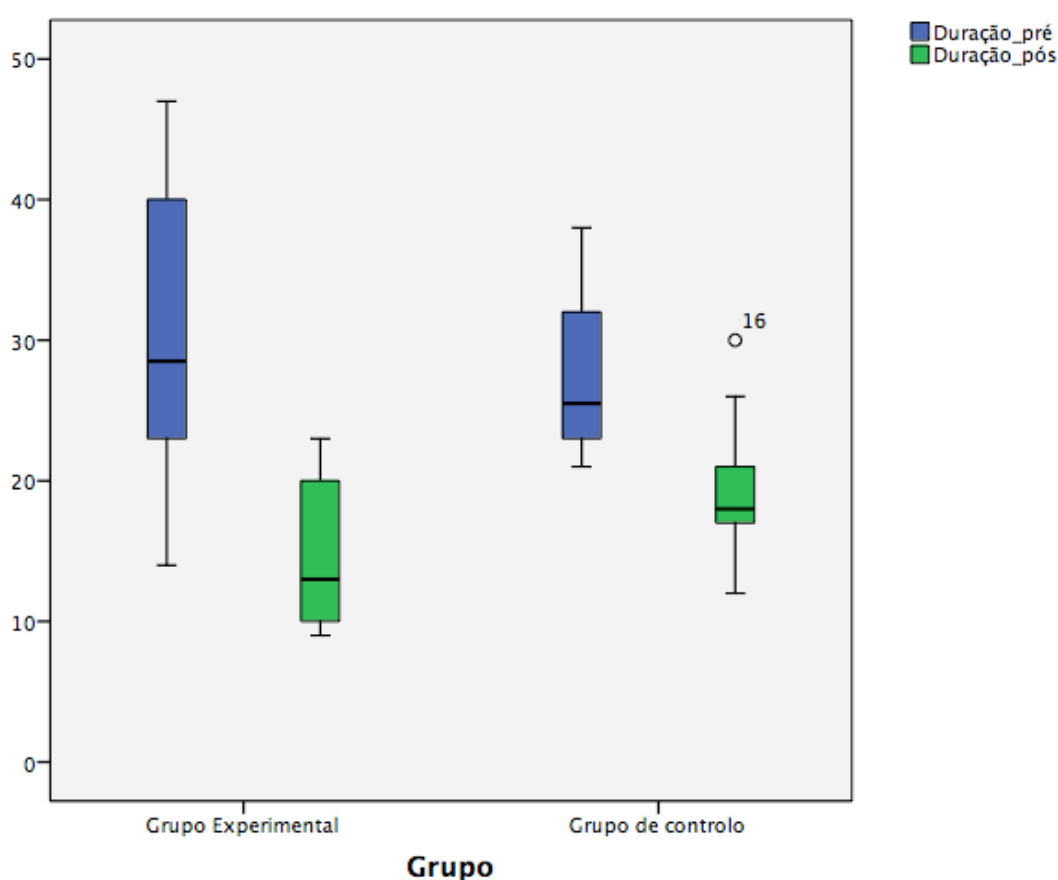


Figura 13. Diagrama de extremos e quartis para a variável duração da prova de planeamento para os dois grupos nos pré e pós-teste.

Observando o diagrama da Figura 13, podemos afirmar que em geral os dois grupos evoluíram em termos de rapidez na resolução da prova. Contudo, verifica-se que a amplitude (diferença entre o máximo e o mínimo) para o grupo experimental diminuiu mais do que para

o grupo de controlo. À partida o grupo experimental apresenta uma maior amplitude, o que se deve essencialmente ao contributo de um sujeito deste grupo, que demorou mais tempo a realizar a prova no pré-teste. Ainda para este grupo, verifica-se que o valor máximo da duração da prova no pós-teste corresponde ao primeiro quartil no pré-teste, isto é, 100% dos tempos dos sujeitos no pós-teste correspondem a 25% dos tempos no pré-teste. Para o grupo de controlo verifica-se que 75% dos tempos dos sujeitos no pós-teste estão abaixo do mínimo para o pré-teste. A análise deste diagrama permite-nos concluir que o grupo experimental parece ter evoluído mais do que o grupo de controlo. Também é importante realçar que o facto dos dois grupos terem evoluído do pré para o pós-teste está relacionado com o efeito de aprendizagem na Prova de Planeamento.

Importa agora verificar se a evolução dos dois grupos foi estatisticamente significativa e se existem diferenças significativas nos dois grupos nos dois instantes de medida.

Assim, aplicou-se o teste *t-Student* para amostras emparelhadas com o objectivo de se verificar se a evolução de cada grupo foi ou não significativa e o teste *t-Student* para amostras independentes para se estudar se existem ou não diferenças significativas nos dois grupos nos pré e pós-teste.

Nos Quadros 25 e 26 encontram-se apresentados os resultados para o ajuste à normalidade da variável, bem como a respectiva estatística descritiva, para os dois grupos.

Quadro 25

Resultados para o ajuste à normalidade da variável duração da prova de planeamento e respectiva estatística descritiva para o grupo experimental.

		Variável	
		Duração pré	Duração pós
N		10	10
Parâmetros da normal ^a	Média	29,8000	14,7000
	Desvio padrão	10,09730	5,16505
Valor máximo		47,00	23,00
Valor mínimo		14,00	9,00
Kolmogorov-Smirnov (K-S) Z		0,732	0,832
Asymp. Sig. (2-tailed) de K-S		0,657	0,493

a. O teste de distribuição é normal.

Quadro 26

Resultados para o ajuste à normalidade da variável duração da prova de planeamento e respectiva estatística descritiva para o grupo de controlo.

		Variável	
		Duração pré	Duração pós
N		10	10
Parâmetros da normal ^a	Média	27,4000	19,300
	Desvio padrão	5,37897	5,31350
Valor máximo		38,00	30,00
Valor mínimo		21,00	12,00
Kolmogorov-Smirnov (K-S) Z		0,641	0,704
Asymp. Sig. (2-tailed) de K-S		0,806	0,705

a. O teste de distribuição é normal.

Pelos resultados dos *p-values* associados ao teste de Kolmogorov-Smirnov, podemos concluir que a variável duração da prova tem distribuição normal, em ambos os grupos, nas duas situações (pré e pós-teste), pelo que podemos aplicar o teste *t-Student* em cada um dos grupos. Os resultados encontram-se apresentados nos Quadros 27 e 28.

Quadro 27

Resultados do teste t-Student aplicado à variável duração da prova de planeamento para o grupo experimental.

	Diferença de valores médios em amostra emparelhadas					t	gl	Sig. (2-tailed)
	Média	Desvio padrão	Desvio-padrão da média	Intervalo de confiança a 95% para a diferença				
				Limite inferior	Limite superior			
Duração_pré & Duração pós	15,1000	9,36245	2,96067	8,40250	21,79750	5,100	9	0,001

Quadro 28

Resultados do teste t-Student aplicado à variável duração da prova de planeamento para o grupo de controlo.

	Diferença de valores médios em amostra emparelhadas					t	gl	Sig. (2-tailed)
	Média	Desvio padrão	Desvio-padrão da média	Intervalo de confiança a 95% para a diferença				
				Limite inferior	Limite superior			
Duração_pré & Duração pós	8,1000	7,21803	2,228254	2,93653	13,26347	3,549	9	0,006

Relativamente a esta variável pretendemos testar a seguinte hipótese: H_0 : o valor médio da duração da prova no pré-teste é menor ou igual ao valor médio da duração da prova de planeamento do pós-teste *versus* H_1 : o valor médio da duração da prova de planeamento no pré-teste é superior ao valor médio da duração da prova de planeamento no pós-teste, em cada um dos grupos. Atendendo a que no grupo experimental o valor de *p-value (1-tailed)* é 0,0005 e no grupo de controlo o valor de *p-value (1-tailed)* é 0,003, ambos inferiores a 0,05 podemos rejeitar as hipóteses nulas, ou seja, há diferença significativa nos resultados para a

duração da prova de planeamento nos pré e pós-teste dentro de cada grupo, sendo que a duração da prova no pré-teste é em média superior ao do pós-teste.

Torna-se relevante comparar os desempenhos dos dois grupos nos pré e pós-teste. Os resultados encontram-se nos Quadros 29 e 30.

Quadro 29

Comparação da duração da prova de planeamento para o grupo experimental e de controlo no pré-teste.

Duração_pré	Teste de Levene para igualdade de variâncias		Teste t-Student para igualdade de valores médios						
	F	Sig.	t	gl	Sig (2-tailed)	Diferença média	Desvio padrão da diferença de médias	Intervalo de confiança a 95%	
								Limite inferior	Limite superior
Assumindo iguais variância	2,478	0,133	0,663	18	0,515	2,4000	3,61786	-5,20084	10,00084
Assumindo variâncias diferentes			0,663	13,7	0,518	2,4000	3,61786	-5,37401	10,17401

Quadro 30

Comparação da duração da prova de planeamento para os grupos experimental e de controlo no pós-teste.

Duração_pré	Teste de Levene para igualdade de variâncias		Teste t-Student para igualdade de valores médios						
	F	Sig.	t	gl	Sig (2-tailed)	Diferença média	Desvio padrão da diferença de médias	Intervalo de confiança a 95%	
								Limite inferior	Limite superior
Assumindo iguais variância	0,285	0,600	-1,963	18	0,065	-4,600	2,34331	-9,52312	0,32312
Assumindo variâncias diferentes			-1,963	17,9	0,065	-4,600	2,34331	-9,52340	0,32340

Com este teste pretendemos testar as seguintes hipóteses:

- para o pré-teste: H_0 : o valor médio da duração da prova de planeamento para o grupo experimental é igual ao valor médio da duração da prova de planeamento para o grupo de controlo *versus* H_1 : o valor médio da duração da prova de planeamento para o grupo experimental é diferente do valor médio da duração da prova para o grupo de controlo.
- para o pós-teste: H_0 : o valor média da duração da prova de planeamento para o grupo experimental é maior ou igual ao valor médio da duração da prova de planeamento para o grupo de controlo *versus* H_1 : o valor médio da duração da prova de planeamento no grupo experimental é menor do que o valor médio da duração da prova de planeamento para o grupo de controlo.

Através dos Quadros 29 e 30 pode observar-se que existe homogeneidade de variâncias em ambos os casos.

Assim, temos para o pré-teste $p\text{-value (2-tailed)} = 0,515 > 0,05$, pelo que não podemos rejeitar a hipótese nula, isto é, não existe diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos na duração da prova. Relativamente ao pós-teste temos $p\text{-value (1-tailed)} = 0,0325 < 0,05$, logo podemos rejeitar a hipótese nula, a um nível de significância de 5 %. Portanto, podemos também afirmar que o tempo de resolução de uma tarefa é um indicador que está relacionado com o planeamento.

Em suma, relativamente ao nível de planeamento, verificamos que ocorreu evolução estatisticamente significativa no grupo experimental ($p\text{-value} = 0,063$) (c.f. Quadro 21), para um nível de significância de 10 %. O resultado com esta significância deve-se essencialmente à reduzida dimensão da amostra utilizada e da medida do nível de planeamento ter sido pouco exacta, isto é, poder-se-ia ter usado uma escala mais discriminativa.

Fomos ainda determinar a magnitude do efeito, que nos revelou uma maior evolução do grupo experimental em relação ao grupo de controlo, o que foi também constatado pelos resultados da estatística descritiva.

Também nos interessou estudar a variável duração da prova de planeamento, uma vez que é um indicador do nível de planeamento. Em relação à evolução, concluímos que em ambos os grupos não houve evolução significativa. No entanto, comparando os resultados dos dois grupos no pós-teste (v. Quadro 30), verifica-se que as diferenças são significativas, pelo que podemos concluir que o grupo experimental apresentou uma melhor *performance* no pós-teste.

De um modo geral, os nossos resultados apontam para uma evolução ao nível das competências de planeamento, mais forte para o grupo experimental. Dando seguimento ao nosso objectivo geral de investigação (avaliar o impacto da utilização da robótica no processo de ensino e aprendizagem baseado na resolução de problemas e na capacidade de planeamento dos alunos), surgiu a necessidade de estudar o processo de resolução dos problemas de robótica seguido pelos sujeitos no grupo experimental e perceber como é que esse processo pode influenciar a *performance* dos alunos ao nível do planeamento.

CAPÍTULO 7 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS DA DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Os dados das entrevistas e das notas de campo, como referimos no capítulo da metodologia, foram sujeitos a análise de conteúdo recorrendo ao programa informático ATLAS.ti. Apresentamos em primeiro lugar os resultados desta análise feita às entrevistas e depois às notas de campo.

Resultados das Entrevistas

Da análise dos protocolos das entrevistas surgiram quatro categorias principais relacionadas com o processo de resolução dos problemas e com as opiniões dos alunos sobre os projectos de robótica. Assim, temos

- a) uma categoria relacionada com a “representação” que os alunos fizeram das situações-problema apresentadas;
- b) outra relacionada com o “planeamento” da estratégia para a resolução dos problemas;
- c) emergiu uma categoria relacionada com a “construção dos protótipos”, que corresponde à descrição desse processo;
- d) finalmente temos a categoria relacionada com as “opiniões” dos entrevistados sobre a experiência.

Como procedimento posterior a esta codificação aberta e geral, seguiu-se a codificação axial. Esta fase permitiu-nos especificar um conjunto de subcategorias e estabelecer relações entre as principais categorias, isto é, segundo Fernandes e Almeida

(2001), salientamos uma categoria principal como “representação de uma ideia central e em relação à qual outras (subcategorias) estabelecem relações de subordinação” (p.58).

Desta forma, para a categoria “representação”, emergem as três subcategorias que se encontram apresentadas na Figura 14.

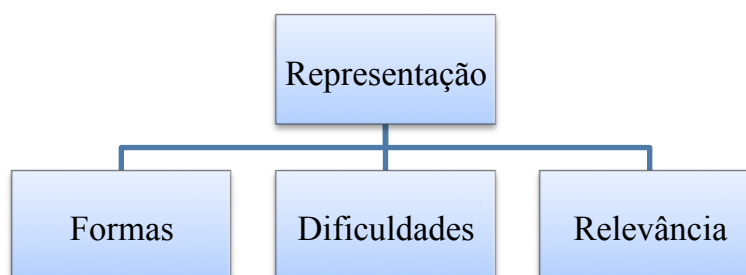


Figura 14. Subcategorias da representação do problema.

A subcategoria “formas” está relacionada com as formas usadas pelos alunos para a representação dos problemas; a subcategoria “dificuldades” compreende as dificuldades sentidas pelos alunos no processo de representação inicial dos problemas e a subcategoria “relevância” contém os dados referentes à importância dada pelos alunos ao processo de representação inicial do problema.

No Quadro 31 apresentamos a informação quantitativa referente à categoria “representação” inicial do problema. Neste quadro temos o número de unidades de registo produzidas por cada entrevistado (informação contida nas colunas), assim como a frequência absoluta (FA) e relativa (FR) para cada subcategoria. Na última linha deste quadro apresentamos o número total de unidades de registos por entrevistado, as frequências absolutas (19) e relativas (23,5%) totais, para a categoria principal “representação”.

Quadro 31

Representação

<i>Representação</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A3</i>	<i>A4</i>	<i>FA</i>	<i>FR</i>
Formas	2	2	2	2	8	9,9%
Dificuldades	1	0	1	1	3	3,7%
Relevância	2	3	2	1	8	9,9%
Totais	5	5	5	4	19	23,5%

Legenda: *A1* – aluno 1, *A2* – aluno 2, *A3* – aluno 3 e *A4* – aluno 4

De uma forma geral os quatro alunos entrevistados referem o mesmo número de registos para a categoria “representação”, dando mais ênfase às subcategorias formas de representação e relevância do processo de representação.

Relativamente à subcategoria “formas”, verificamos que todos os alunos optaram por não utilizar uma representação esquemática no papel, mas sim por uma partilha de ideias com os colegas de grupo: “*não fazíamos nenhuma representação física*” (1:1), “*discutíamos entre nós a maneira que achávamos que seria melhor para resolver o problema e tentávamos passar logo à construção do robô*” (1:2), “*fizemos um esboço, mas depois à medida que vamos construindo o robô vão sempre surgindo problemas e incoerências na construção e aí não representamos as alterações que fazemos*” (2:1), “*discutimos com os colegas do grupo*” (2:2), “*primeiro comunicava com o meu colega de grupo*” (4:1) e “*o esquema no caso não ia ser muito eficiente, a representação do robô em papel é muito difícil*” (4:2). Esta opção de representação é fundamentada pela natureza dos problemas, isto é, pela complexidade de representar o robô de forma esquemática, pelo que os alunos sentiram necessidade de passar logo à construção dos robôs, como forma de visualizar uma possível solução para o problema.

No que respeita às “dificuldades” sentidas na representação inicial do problema temos: “*visualizar o robô antes de fazer*” (4:3) e “*não medíamos todos os aspectos da construção do robô e quando chegávamos ao fim da construção víamos que havia partes que*

não resultavam ou que faltavam” (1:4). Neste domínio os alunos apontam como principal dificuldade sentida, a complexidade da montagem e as variáveis que à partida não se conseguem controlar.

Relativamente à “relevância” do processo de representação, todos os entrevistados consideraram essa etapa importante para a resolução do problema, uma vez que: “*a representação inicial serve para estruturar a nossa ideia de possível solução*” (2:3), “*uma representação é sempre uma ideia base que podemos seguir inicialmente e que pode ser modificada*” (2:5), “*permite ter um ponto de partida*” (2:6), “*eu acho que é muito importante, é a partir daí que começamos tudo*” (4:5) e “*facilita bastante a concepção*” (3:4). Contudo, também realçam que a parte da experimentação da ideia inicial no robô é essencial para o processo de resolução do problema: “*sendo que o produto final teria de ser um robô, sentimos necessidade de começar logo a construí-lo para irmos vendo como é que o próprio robô se comportava, como é que a nossa ideia se dava no robô*” (1:3) e “*acho que se não tivéssemos experimentado a construção do robô várias vezes para ver se ia resultando não teríamos conseguido tão rápido construir um robô que funcionasse*” (1:5).

Relativamente à categoria “planeamento” foram definidas três subcategorias (Figura 15).

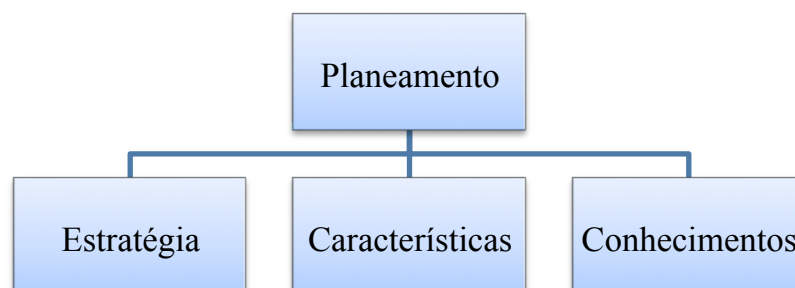


Figura 15. Subcategorias do “planeamento”.

Na subcategoria “estratégias”, englobamos todos os registos relacionados com as estratégias de planeamento; as “características” correspondem aos registos que denotam as características atribuídas ao processo de planeamento; a subcategoria “conhecimento” engloba os registos da descrição dos conhecimentos usados pelos alunos no processo de planeamento.

No Quadro 32 apresentamos a informação quantitativa referente à categoria “planeamento”.

Quadro 32

Planeamento

<i>Planeamento</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A3</i>	<i>A4</i>	<i>FA</i>	<i>FR</i>
Estratégias	4	3	2	1	10	12,3%
Características	2	1	2	2	7	8,6%
Conhecimentos	4	3	2	3	12	14,8%
Totais	10	7	6	6	29	35,8%

Legenda: *A1* – aluno 1, *A2* – aluno 2, *A3* – aluno 3 e *A4* – aluno 4

À excepção do aluno *A1*, o número de registos referentes ao planeamento foi homogéneo. Destacam-se as subcategorias referentes às estratégias e conhecimentos usados no estabelecimento do plano. Comparando com a categoria representação, o planeamento apresenta mais registos.

Ao nível do “planeamento” fomos averiguar as “estratégias” de planeamento seguidas pelos grupos. Verificamos que em geral, os grupos optam pela discussão intragrupo, definindo um plano por etapas: “*discutíamos dentro do grupo*” (1:6), “*dizíamos, vamos fazer isto assim neste espaço e depois fazemos aquilo*” (1:8) e “*foi sempre faseado para não estar a construir tudo e depois tentar descobrir onde estão os problemas*” (3:6). Também se verificou que nesta forma de planeamento, os grupos de trabalho optaram por uma metodologia em que definiam o procedimento (plano), experimentavam e tomavam a decisão

de continuar para a etapa seguinte ou reformar o procedimento definido: *“Por exemplo no 1º desafio, tinha que se seguir a linha, definimos mais ou menos o que é íamos fazer para seguir a linha e depois a seguir quando chegasse ao fim da linha definíamos o procedimento seguinte, não definíamos exactamente, definíamos mais genericamente”* (1:10), *“Quase sempre montávamos um robô base, experimentávamos e se não resultasse desmontávamos ou alterávamos e criar outro tipo de robô ... e era mais através dos resultados da observação que obtínhamos dados para o modificar”* (2:9) e *“Foi sempre criar qualquer coisa, experimentar e depois alterar”* (4:6).

Como principais “características” apontadas para o processo de planeamento temos: *“sem muito pormenor”* (1:9), *“normalmente tínhamos de modificar a planificação”* (1:11), *“Normalmente era alterada com base nos resultados da experimentação em cada passo”* (2:10), *“Fomos vendo que ao longo dos projectos muitas das coisas que tínhamos planeado tinham de ser alteradas”* (4:4) e *“Essa forma de trabalhar permitia alterações ao plano inicial”* (4:7). Portanto, podemos afirmar que o processo de planeamento da resolução destes problemas tem de ser muito flexível, surgindo das alterações com base na observação do comportamento dos robôs, tal como mostra o registo: *“Nunca seguíamos o planeamento até ao fim, havia sempre alterações feitas com base na observação”* (3:8). Esta propriedade do planeamento é de alguma forma justificada pela natureza dos problemas de robótica, como é referido no registo *“grande parte das vezes, por exemplo sensores que não estavam calibrados como nós achávamos ou que havia incompatibilidades entre a mecânica e a programação”* (3:9).

No que respeita aos “conhecimentos” utilizados pelos alunos no processo de planeamento foram referidos: *“dos desafios anteriores”* (1:12), *“inicialmente fizemos aqueles 30 problemas do manual que nos ajudaram a, por exemplo, seguir a linha, fomos logo buscar o desafio que já estava concluído e não perdemos tanto tempo”* (2:11), *“sabendo*

como resolver esses problemas mais pequenos não perdemos tanto tempo com esses pormenores e temos mais tempo para resolver novos obstáculos que são colocados nos desafios e dessa forma temos maiores probabilidades de acabar os desafios” (2:12) e “por exemplo, quando estávamos a planificar os segundo desafios, usámos aqueles primeiros problemas (actividade 1) em que em primeiro lugar usámos o sensor de luz para medir a distância e depois fizemos o mesmo com o sensor de toque, e concluimos que o sensor de toque é mais eficaz para medir distâncias. E depois quando era para usar o melhor dos três sensores, já só seleccionámos o de toque que era o mais eficaz, isto é, com o qual tínhamos tido melhores resultados com a experiência anterior” (3:10). Para além dos conhecimentos adquiridos com os problemas mais simples, também foram referidos: “conhecimentos de Física” (1:14), como por exemplo, “sem dúvida da Física usámos bastante para, quando estávamos a estudar o sensor de ultra-sons colocámos aquele pano à frente da superfície, percebemos logo porque é que os ultra-sons não eram reflectidos e o atrito também foi um aspecto muito importante, por exemplo para subir a rampa” (2:13) e “de Matemática” (4:11).

De um modo geral verificou-se que os alunos no planeamento usam uma estratégia faseada onde integram a experimentação da solução inicial parcial e a alteram ou avançam para a fase seguinte com base na observação, portanto trata-se de um processo flexível. Salientamos ainda que nesta fase os alunos tentam integrar os conhecimentos adquiridos dos problemas anteriores e dos domínios da Física e da Matemática. Logo, podemos desde já afirmar que na resolução destes problemas de robótica o estímulo ao planeamento é uma constante, pela natureza dos problemas.

Da descrição do processo de resolução dos problemas, podemos levantar duas questões que nos parecem ser relevantes e que perante a metodologia usada e os dados recolhidos não podem ser respondidas: Será que as estratégias usadas pelos alunos para

representar a solução do problema e de planejar a solução tem a ver com facto de serem inexperientes? Ou será um processo habitual? Será que os especialistas em programação e robótica usam outro tipo de estratégias?

No campo do acompanhamento da “construção dos protótipos”, interessou-nos conhecer a estratégia seguida pelos grupos de trabalho para o acompanhamento dos projectos, ou seja, interessou-nos conhecer a descrição dada pelos alunos desse processo.

Verificámos que todas as descrições apontam para um processo em que os alunos experimentam, observam, reformulam ou avançam: *“quando acabávamos de experimentar algo, quando acabávamos de montar, experimentávamos para ver o resultado da modificação, e quando resultava passávamos a uma nova etapa, quando não resultava, tínhamos de voltar a modificar, experimentávamos e voltávamos a observar o comportamento do robô. Portanto, a observação era sempre após a construção e assim sucessivamente”* (1:15) e *“no início não tínhamos qualquer ideia de como iríamos resolver o problema, usámos pesquisa através da internet e depois fomos adaptando o nosso robô ao nosso objectivo, fomos fazendo as alterações, experimentando, repetindo e a partir daí chegávamos aos produtos finais, à base da experiência e da reformulação sucessiva”* (4:12).

Relativamente às “opiniões” dos alunos surgiram cinco subcategorias (Figura 16).

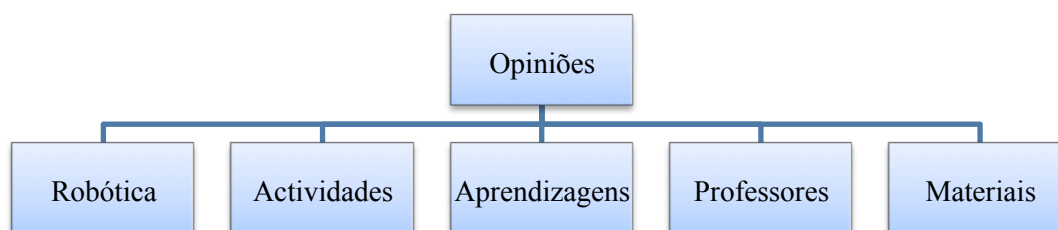


Figura 16. Subcategorias das “opiniões”.

Na subcategoria “robótica” englobámos os dados referentes às opiniões dos entrevistados sobre a robótica; na subcategoria “actividades” recolhemos opiniões acerca destas actividades; nas “aprendizagens”, agrupámos os dados que mostram a visão dos entrevistados sobre as aprendizagens realizadas durante a experiência; os dados referentes ao papel dos professores e aos materiais fornecidos, encontram-se abrangidos pelas subcategorias “professores” e “materiais”.

No Quadro 33 apresentamos a informação quantitativa referente à categoria “opiniões”.

Quadro 33

Opiniões.

<i>Planeamento</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A3</i>	<i>A4</i>	<i>FA</i>	<i>FR</i>
Robótica	1	0	1	0	2	2,5%
Actividades	3	3	1	2	9	11,1%
Aprendizagens	0	2	3	5	10	12,3%
Professores	1	1	1	1	4	4,9%
Materiais	1	1	1	1	4	4,9%
Totais	6	7	7	9	29	35,7%

Legenda: *A1* – aluno 1, *A2* – aluno 2, *A3* – aluno 3 e *A4* – aluno 4

No que respeita às opiniões verifica-se que há mais registos referentes às actividades de robótica realizadas e às aprendizagens envolvidas no processo. O que significa que os alunos entrevistados emitiram mais espontaneamente as suas opiniões sobre estas duas subcategorias.

No campo das “opiniões” os entrevistados consideram que a “robótica” é “*produtiva e interessante*” (1:16) e “*que pode dar jeito, tendo em conta o curso que vamos seguir, a maior parte das pessoas vão seguir engenharias, acho que é positivo e dá jeito para o futuro*” (3:13).

Relativamente às opiniões sobre estas “actividades” temos: “*são inovadoras, permite um maior leque de experiências em relação aos trabalhos mais clássicos*” (1:17), “*ser divertido e por acaso estas aulas passam muito depressa em que estamos a construir os robôs e a enfrentar os desafios*” (2:17), “*eu gostei de fazer, porque é um enriquecimento no nosso conhecimento, acho que conseguimos perceber melhor alguns conceitos da Física aplicados, porque nunca tínhamos visto assim aplicados*” (3:14), “*acho que são interessantes porque desenvolve a nossa capacidade de imaginação para construir o robô e também de capacidade de compreender como se programa, de pensar*” (2:16). Um dos entrevistados salientou que “*foi mais importante ter começado a fazer coisas mais simples, do que começar logo pelas mais complicadas*” (4:9). Quanto às principais vantagens desta metodologia de trabalho temos “*obriga a raciocinar bastante para arranjar soluções*” (1:18) e “*a trabalhar em grupo*” (1:19).

No que respeita às “aprendizagens” realizadas pelos entrevistados com a experiência de robótica, destacam-se: a “*capacidade intelectual de programar*” (2:18), “*trabalhar em grupo em todas as aulas*” (2:19) e “*entre grupos*” (3:17), “*ajudam a pensar de forma muito sistemática, nomeadamente através das aplicações de algumas leis da Física*” (4:14), “*melhora a nossa forma de pensar do ponto de vista lógico*” (4:15) e “*aprendemos essencialmente que o produto final nunca fica como nós queremos, mas que não devemos desistir*” (4:17)

Quanto ao papel dos “professores” e aos “materiais” fornecidos durante a experiência temos: o papel dos professores “*foi o correcto, acho que por vezes não houve acompanhamento porque nós também não pedíamos esse acompanhamento*” (1:21), “*era o ideal, quando tínhamos uma dúvida chamávamos e conseguiam quase sempre esclarecer as dúvidas. Mas também não estão sempre em cima de nós, ou seja, deixam-nos pensar e se nós quisermos optar por uma estratégia não nos impedem de fazer e por isso penso que neste*

tipo de trabalho é acompanhamento ideal” (2:20) e “acho que foi importante as sugestões que os professores iam dando e que muitas vezes com era com base nelas que alterávamos os nossos robôs para que funcionassem ... foi um papel bastante importante” (4:19). Quanto aos materiais: “só nas peças é que muitas vezes tínhamos de ir às caixas dos outros grupos porque nos faltavam algumas, mas no geral acho que a quantidade de peças chegou. Também o facto de termos de ir preenchendo o protocolo experimental foi bom para a construção do produto final, porque nos permitiu reflectir e registar os passos mais importantes da construção” (2:21) e “acho que foi bom no geral, embora no início tenhamos tido alguma dificuldade com a linguagem de programação. Pelo menos no início foi complicado começarmos a encontrar-nos no meio daquilo“. (3:19)

Em suma, podemos dizer que ao nível do processo de resolução dos problemas de robótica, os alunos partem de uma representação baseada na partilha de ideias e interpretações dos enunciados, não sentindo necessidade de fazer uma representação esquemática em papel, ou seja, sentiram que deveriam passar à construção de um robô base como ponto de partida. Relativamente ao planeamento, a estratégia usada é baseada na discussão dentro do grupo, em que a experimentação, a observação e a análise do comportamento do robô servem como formas reguladoras do processo, pelo que podemos dizer que se trata de um processo muito flexível e permeável a modificações. Verifica-se ainda que os alunos no planeamento tentam sempre integrar os conhecimentos adquiridos dos problemas mais simples e de áreas como a Física e a Matemática.

Neste ponto também podemos levantar a seguinte questão: Haverá diferenças entre os especialistas e os não-especialistas em programação e robótica? Será que os especialistas integram do mesmo modo os conhecimentos de outros problemas e de outras áreas?

Resultados das Notas de Campo

As notas de campo que resultaram do preenchimento diário da ficha de registo do processo (anexo II), foram sujeitas a uma análise de conteúdo, com o objectivo de se perceber a forma como os alunos resolveram os problemas de robótica.

Assim, destes dados emergiram três categorias principais:

- “Estratégia”, que corresponde à categoria onde se englobam os registos em que o investigador faz referência a estratégias de resolução de problemas;
- “Planeamento”, onde se englobam os registos em que o investigador faz referência a procedimentos de planeamento;
- “Integração de conhecimentos”, que corresponde à categoria que abarca os registos em que o investigador faz referência à integração de conhecimentos no processo de resolução dos problemas.

No Quadro 34 encontram-se os dados correspondentes às frequências absolutas e relativas dos registos dentro de cada categoria.

Quadro 34

Categorias emergentes das notas de campo.

	<i>FA</i>	<i>FR</i>
Estratégia	8	61,5%
Planeamento	4	30,8%
Integração de conhecimentos	1	7,7%
Totais	13	100%

Pela análise do Quadro 34, podemos verificar que o investigador nas suas observações se interessou mais, no processo de resolução de problemas, pelas categorias correspondentes à “estratégia” e ao “planeamento”.

No Quadro 35 encontram-se apresentadas as unidades de registo correspondentes a cada categoria.

Quadro 35

Distribuição das unidades de registo (das notas de campo) por categoria.

Categoria	Unidade de registo
Estratégia	<p>(grupos 1 e 2) programam uma parte - experimentam - analisam a acção do robô - reformulam o procedimento ou continuam para outro procedimento (1:1)</p> <p>fazem os blocos de programação experimentam no robô, fazem variar algumas condições e analisam as reacções no robô (1:2)</p> <p>programam-experimentam-observam-reformulam ou continuam (1:3)</p> <p>(grupo 2) tentam sempre que possível integrar os problemas anteriores nos mais complexos (1:6)</p> <p>(todos os grupos) tentam subdividir o problema em sub-problemas (1:7)</p> <p>todos os grupos usaram o sensor de toque para o desafio 6 (vagueando), que é a opção mais simples - robô toca e sente os objectos. Optaram por esta estratégia porque estudaram com algum pormenor os três tipos de sensores (integraram os problemas mais simples nos mais complexos) (1:8)</p> <p>(todos os grupos) experimentam e avaliam a solução através da reacção do robô (1:9)</p> <p>Todos os grupos adoptam a metodologia: programar-experimentar-observar-reformular ou continuar (1:11)</p>
Planeamento	<p>(grupo 3) começou a usar a seguinte linguagem (antes da fase de programação, ie, planeamento): Se acontecer uma determinada condição então o robô pára se não continua a andar (1:4)</p> <p>descreveram o tipo de sensores que estavam a pensar em usar, contudo ainda não tinham a ideia de como utilizar (fase do plano) (1:10)</p> <p>Na resolução do desafio 1 da actividade 2 (mal-estruturado) a metodologia adoptada foi: 1º seguir a linha - 2º encontrar a linha azul - 3º procurar a bola azul - 4º agarrar a bola - 5º voltar à linha preta - 6º parar na meta (1:12)</p> <p>ultrapassamos uma etapa e passamos à seguinte, vamos avançando assim (1:13) (grupo 2)</p>
Integração de conhecimentos	<p>(grupos 2 e 3) no problema da contagem das rotações em graus, inferiram que este problema poderia ser integrado noutros quando se pretendesse medir distância - estabeleceram relações entre o perímetro da roda, o nº de rotações da roda e a distância percorrida pelo robô (1:5)</p>

Como podemos observar no Quadro 35, na categoria “estratégia”, podemos vislumbrar dois tipos de registos: o primeiro correspondente a uma estratégia do tipo programação, experimentação, observação, reformulação/continuação, com cinco ocorrências

em oito e o segundo correspondente à integração dos conhecimentos adquiridos nos problemas mais simples nos mais complexos. Quanto ao planeamento, podemos observar que todos os registos denotam a ideia de um processo faseado e flexível.

Análise dos Protocolos Experimentais

Foram escolhidos dois exemplos de planeamento, um para a resolução do problema “Segue a linha e apanha a bola...” e outro para o “Robô TT”, realizados por dois grupos diferentes, com o objectivo de realçar as principais características do processo. Optou-se por estes dois problemas porque correspondem a problemas mal-estruturados, que apelam intensivamente à capacidade de planear.

Salientamos que todos os grupos resolveram completamente os problemas, à excepção do “Robô TT”, devido às dificuldades encontradas na conjugação de *design* mecânico e programação, como podemos observar no Exemplo 2.

Fazendo uma análise global destes dois exemplos, verificámos que na resolução dos problemas, e em particular no processo de planeamento, os grupos optaram pela construção de um protótipo base que era sujeito à experimentação, sendo propostas alterações com base na observação e análise do comportamento do robô. Depois de introduzidas as alterações, os alunos voltam ao plano inicial e seguem para a fase seguinte, até terem atingido os objectivos do problema.

Exemplo 1. Planeamento para a resolução do problema “Segue a linha e apanha a bola ...”.

O robô espera pela palma para iniciar o seu percurso através da função “wait for sound” → usa o seu sensor de luz para detectar a linha vermelha, cuja intensidade é aproximadamente 45, para iniciar o seu percurso no lugar correcto → para encontrar a linha preta cuja intensidade é 27, o robô faz voltas para a direita até a encontrar (usa a função “wait for light”) → de seguida tem de seguir a linha preta, usando o sensor de luz até encontrar o risco amarelo, cuja intensidade é 50 (outra função “wait for light”) → dá $\frac{1}{4}$ de volta para a

esquerda de forma a fixar a posição de frente para a bola → desloca-se para a frente até encontrar a bola usando o sensor de ultrassom, com uma distância pré-definida de 3 cm (função “wait for distance”) → para prender a bola o robô vai usar o terceiro motor munido de uma garra, fazendo uma rotação de 180° (baixar a garra) → o robô volta para trás até reencontrar a marca amarela, para que a sua posição de regresso seja a correcta → dá $\frac{1}{4}$ de volta para a direita, parando quando encontra a linha preta → segue a linha com o sensor de luz até encontrar novamente a marca vermelha → por fim pára o movimento.

Nota: o nosso grupo foi sempre testando o protótipo e verificando a existência de algumas deficiências. Fomos corrigindo essas deficiências de modo a que o robô atingisse os objectivos propostos. No final conseguimos atingi-los, graças às várias alterações efectuadas.

A sequência de imagens da Figura 17, ilustra as diferentes etapas que constam no Exemplo 1.

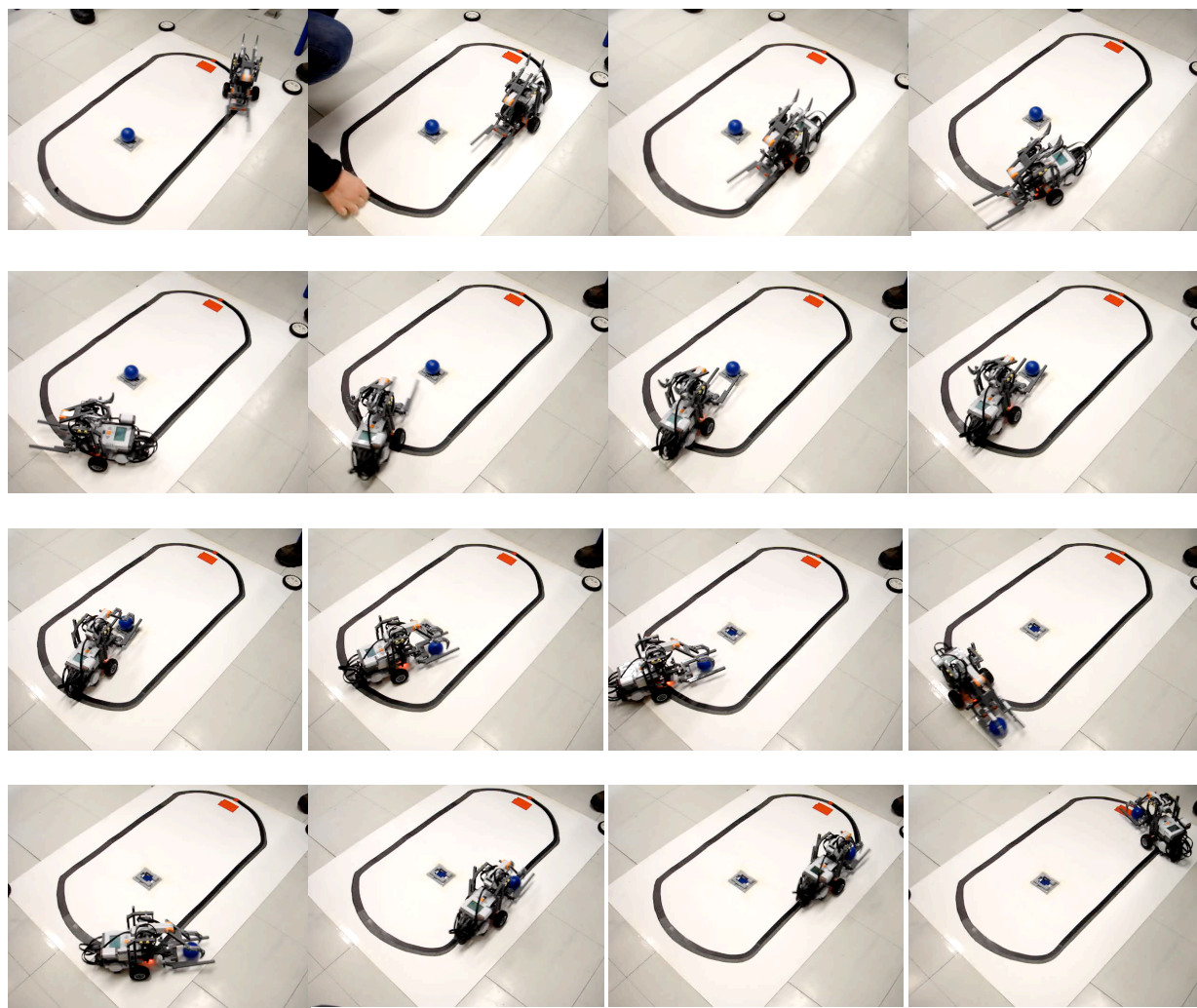


Figura 17. Sequência de imagens correspondentes ao exemplo 1.

Exemplo 2. Planeamento para resolução do problema “Robô TT”.

Este problema tem duas fases: 1ª transpor a rampa e 2ª seguir a linha preta evitando os obstáculos.

Para a construção do nosso protótipo base temos de ter em consideração os seguintes aspectos:

- Sistema de direcção com dupla roda dentada;
- Aumentar o binário com desmultiplicações;
- Usar um sistema 4x4;
- Usar três motores: 1 para o eixo da frente, 1 para o eixo de trás e 1 para a direcção (montado no topo do robô);
- Usar sensor de ultra-sons e luz à frente, entre as rodas para que não colidam com a rampa;
- O robô tem de ser muito alto e ter um bom ângulo de ataque à entrada e à saída da rampa.

Depois de montado o robô base passamos à fase de teste na rampa, para podermos passar à fase seguinte.

Nesta fase verificamos que:

- O robô planeado inicialmente, com as alterações impostas pela observação do seu comportamento, tem um bom desempenho na fase correspondente à transposição da rampa.
- Para a 2ª fase, verificamos que o sistema rígido usado para a passagem da rampa é incompatível com a flexibilidade que é exigida para um procedimento de follow the line. Portanto torna-se muito difícil conceber um robô que consiga ultrapassar estas duas fases.

Na Figura 18 encontra-se uma figura do protótipo correspondente ao Exemplo 2.

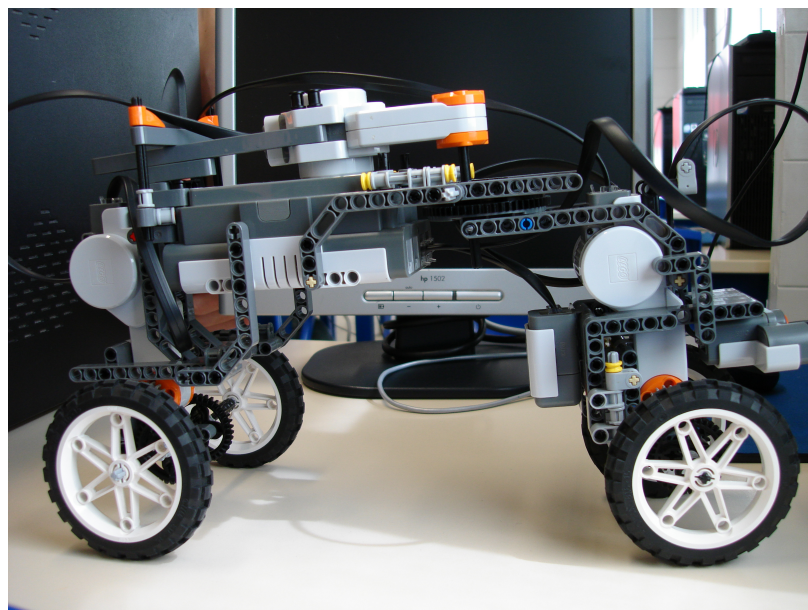


Figura 18. Imagem do protótipo referente ao exemplo 2.

Conceptualização do Modelo de Resolução de Problemas

Com base nos resultados da análise de conteúdo das entrevistas e das notas de campo e pela análise dos protocolos experimentais preenchidos pelos alunos durante a experiência, construímos o diagrama da Figura 19 que esquematiza a forma como os alunos resolveram os problemas de robótica.

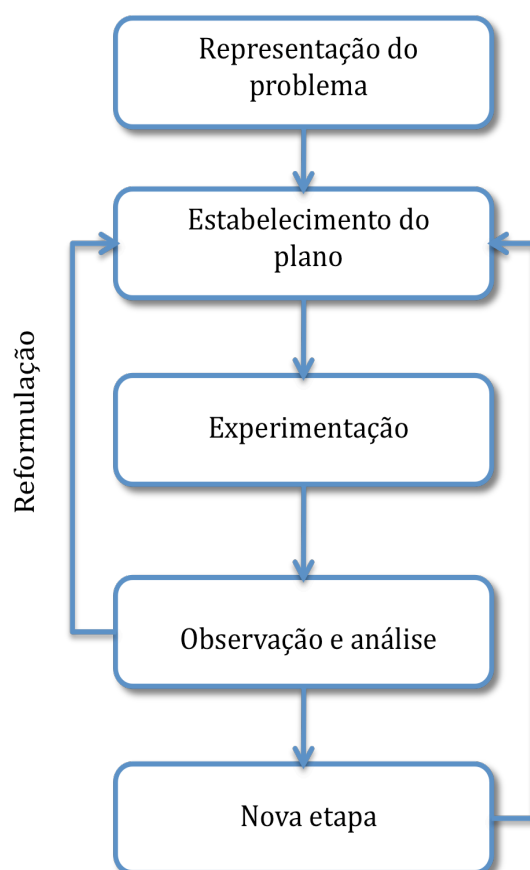


Figura 19. Conceptualização do modelo de resolução de problemas usado pelos alunos.

Como podemos observar na Figura 19, os alunos iniciam o processo de resolução pela representação do problema, através da partilha de opiniões com os colegas de grupo. Em seguida, estabelecem um plano de resolução (proposta inicial de resolução), discutindo com os colegas de grupo e tentando integrar os conhecimentos adquiridos, tanto em problemas anteriores como de outras áreas como a Física e a Matemática. Segue-se a experimentação da

solução, a observação e a análise do comportamento do robô. É nesta fase que os alunos avaliam a viabilidade da solução inicial e decidem efectuar reformulações, voltando ao plano inicial, ou se passam para a etapa seguinte, onde terão de estabelecer novamente um plano, experimentar, observar e analisar o comportamento do robô.

Deste modelo de resolução de problemas podemos salientar que o processo de planeamento é uma presença constante, pelo que, a resolução deste tipo de problemas gera um ambiente estimulante ao treino de competências relacionadas com o planeamento. Assim, podemos concluir que os dados da descrição do processo permitem explicar os resultados obtidos no estudo experimental sobre a evolução significativa do grupo experimental ao nível do planeamento.

Atendendo ao quadro teórico apresentado no capítulo 1, podemos afirmar que a estratégia de resolução de problemas adoptada pelos alunos manifesta características do modelo de processamento de informação. De uma forma geral, na resolução dos problemas de robótica os alunos optam por dividir o processo em fases. Todavia, dentro de cada fase surge uma série de etapas, que têm de ser obrigatoriamente interactivas entre si, tais como o estabelecimento do plano, a experimentação e a observação/análise do comportamento do robô.

Por exemplo, no desafio 2 da actividade 2 (Segue a linha e apanha a bola), os alunos fizeram uma representação do problema (isto é, caracterizaram os principais obstáculos e objectivos), na qual definiram que tinham vários sub-problemas ou fases (seguir a linha preta, seguir a linha preta entre dois pontos, detectar a bola, apanhar a bola, voltar para a linha preta com a bola etc.). Na primeira fase (seguir a linha preta), sem efectuarem a experimentação e a observação/análise do comportamento do robô não podiam tomar uma decisão de reformular o plano ou de avançar para a segunda fase e assim sucessivamente. Verifica-se que em todas

as etapas os alunos tendem a usar os conhecimentos de problemas anteriores, aplicando-os de uma forma diferente no novo problema, pelo que se encontram em constante interação com as tarefas que têm de realizar, processando tanto as novas informações vindas da observação/análise do comportamento do robô, como informações ancoradas na memória.

Este cenário vai ao encontro das opiniões de Newell, Shaw e Simon (1972, citados em Newell & Simon, 1972), que consideram que a resolução de problemas implica uma passagem de um estado inicial para um estado final, mediante a aplicação de determinados operadores, dentro do espaço do problema (representação). Nesta perspectiva a resolução de problemas é vista como uma interação entre a tarefa e o sujeito, que é considerado como um processador de informação.

Se analisarmos os modelos de resolução de problemas de natureza descontínua (capítulo 1), verificamos que a heurística utilizada pelos alunos do grupo experimental engloba as fases que são consideradas fulcrais e comuns a todos os modelos apresentados. Assim, temos presente a fase da representação do problema em que os alunos reconhecem os constrangimentos do problema, a fase do estabelecimento de um plano em que os alunos desenvolvem uma proposta de solução para o problema e, por último a fase da avaliação da validade da solução proposta, que pode levar o aluno a passar à etapa seguinte ou a reformular o plano.

Em suma, verificámos que a estratégia de resolução de problemas adoptada pelos alunos apresenta características quer do modelo de processamento de informação (usam conhecimentos que têm sobre o problema para fazer a sua representação interna e aplicam um conjunto de operadores para gerar novos conhecimentos), quer dos modelos faseados de resolução de problemas (fazendo uma representação, elaborando um plano e avaliando a solução proposta).

Análise do Questionário “Relação entre a Robótica e a Física”

O questionário sobre a relação entre a robótica e a Física foi construído com o objectivo de se avaliar se os alunos identificam os conceitos tratados em Física no contexto dos problemas de robótica.

Como podemos ver no anexo V, no questionário é solicitado aos alunos que seleccionem de uma lista de 21 conceitos/leis de Física, os que estavam relacionados com a resolução de cada desafio. Foi ainda pedido aos alunos que depois de identificarem os conceitos/leis, os ordenassem por grau decrescente de importância para a resolução dos problemas de robótica. Esta segunda tarefa serviu apenas para que os alunos reflectissem melhor sobre o processo de selecção dos conceitos/leis associados a cada desafio.

No Quadro 36 estão resumidos os resultados obtidos para o tratamentos dos dados do questionário, encontrando-se organizado do seguinte modo: a cada linha está associado um conceito/lei do questionário e cada coluna está associado um desafio. Importa recordar que os projectos de robótica se encontram divididos em duas actividades (1 e 2), sendo que a actividade 1 é constituída por seis desafios (d1, ..., d6) e a actividade 2 por dois (d1 e d2).

Para o tratamento dos resultados, optámos pelo procedimento seguinte: para cada conceito/lei (linha do quadro) fomos contar o número de alunos que o consideraram importante para resolução do respectivo desafio (colunas do quadro). Tomemos o exemplo seguinte: para o conceito “atrito”, verificamos que no desafio 1 da actividade 1 (coluna d1) 6 dos 10 alunos o identificaram como estando presente na resolução deste desafio, no desafio 2 da actividade 1 (coluna d2) o atrito foi identificado por 7 dos 10 alunos e assim sucessivamente.

Também nos interessou saber como evoluiu o número total de conceitos/leis identificados em função da complexidade dos desafios, pelo que optámos por fazer a soma do

número de conceitos/leis identificados por cada um dos desafios para os dez alunos, que no Quadro 36 corresponde à última linha (total). Assim, para o desafio 1 da actividade 1 (d1) foram identificados na totalidade 53 conceitos/leis pelos dez alunos, no desafio 2 da actividade 1 (d2) foram identificados na totalidade 62 conceitos/leis pela dez alunos e assim sucessivamente.

Quadro 36

Número total de alunos que identificam cada conceitos/leis por desafio.

Conceito/lei	Actividade 1						Actividade 2	
	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d1	d2
Atrito	6	7	7	6	7	8	7	10
Campo Magnético	0	0	0	0	0	0	0	0
Circuito eléctrico	5	4	5	4	5	4	5	4
Difracção das ondas	1	1	1	3	1	0	0	0
Efeito fotoeléctrico	1	1	2	1	2	1	2	2
Energia cinética	5	7	7	4	7	9	9	9
Energia potencial	0	0	0	0	0	0	0	7
Força	3	9	8	3	9	8	6	9
Lei de Faraday	0	0	0	0	0	0	0	0
Lei de Hooke	0	2	2	0	1	2	0	0
Lei do trabalho-energia	1	3	2	0	2	1	1	2
Lei fundamental da dinâmica	1	2	1	0	3	3	2	6
Leis de Newton	3	4	3	2	3	3	4	7
Movimento uniforme e variado	4	4	5	3	7	8	6	8
Ondas electromagnéticas	7	0	5	1	4	3	4	2
Ondas mecânicas	0	0	0	3	2	2	2	0
Posição, velocidade e aceleração	4	8	8	6	9	9	7	8
Reflexão das ondas	5	0	5	10	8	6	6	3

Refracção das ondas	3	0	3	4	3	2	2	1
Trabalho de uma força	0	5	4	0	5	5	3	5
Trajectória	4	5	5	0	7	7	8	8
Total	53	62	73	50	85	81	74	91

De um modo geral, podemos observar que o número total de conceitos/leis identificados pelos dez alunos tende a aumentar à medida que os desafios se tornam mais complexos, o que se deve ao aumento do número de variáveis em jogo.

Analisando o Quadro 36 por desafio (isto é, fazendo uma leitura por coluna), observamos que o número de conceitos/leis identificados apresenta uma distribuição mais ou menos uniforme para os desafios d2, d3, d5 e d6 (da actividade 1), uma vez que correspondem a problemas com características semelhantes, isto é, fazer com que o robô percorra uma determinada trajectória, variando o número de sensores disponíveis para tal. Quanto aos desafios d1 e d4, apresentam uma distribuição ligeiramente diferente dos restantes, porque correspondem a desafios de mera exploração das potencialidades e limitações dos sensores de luz de ultra-sons.

No que respeita à actividade 2, verifica-se que no desafio d2, pela sua elevada complexidade, há um número maior de conceitos/leis identificados e que há um número maior de conceitos/leis relacionados com a aplicação de forças, movimentos e energia.

Atendendo ao elevado número de conceitos/leis que constam no questionário, para o tratamento dos resultados, decidimos ainda agrupá-los por domínios da Física, para se ter a percepção se a identificação dos conceitos também está associada ao domínio da Física a que pertence o conceito. Por exemplo, os conceitos de trajectória, posição, velocidade e

aceleração e movimentos uniformes e variados, são conceitos de cinemática usados para se fazer a descrição dos movimentos.

No Quadro 37 apresentamos os domínios considerados, bem como os conceitos/leis englobados em cada um.

Quadro 37

Divisão dos conceitos/leis por domínios da Física.

Domínio	Conceitos/leis
Dinâmica	Atrito Força Lei de Hooke (força elástica) Lei fundamental da Dinâmica Leis de Newton
Electromagnetismo	Campo magnético Circuito eléctrico Lei de Faraday
Energia	Energia cinética Energia potencial Lei do trabalho-energia (W-E) Trabalho de uma força
Ondas	Reflexão Refracção Difracção Ondas electromagnéticas Ondas mecânicas
Cinemática	Trajectória Posição, velocidade e aceleração Movimentos uniforme e variado
Física Moderna	Efeito fotoeléctrico

No gráfico da Figura 20 encontram-se apresentados os dados referentes aos conceitos/leis que pertencem ao domínio da Dinâmica. Neste gráfico temos o número de alunos que identificam um determinado conceito/lei para cada desafio, no domínio da Dinâmica. Por exemplo, para o conceito de atrito, seis dos dez alunos identificaram-no como importante para a resolução do desafio 1 (d1) da actividade 1.

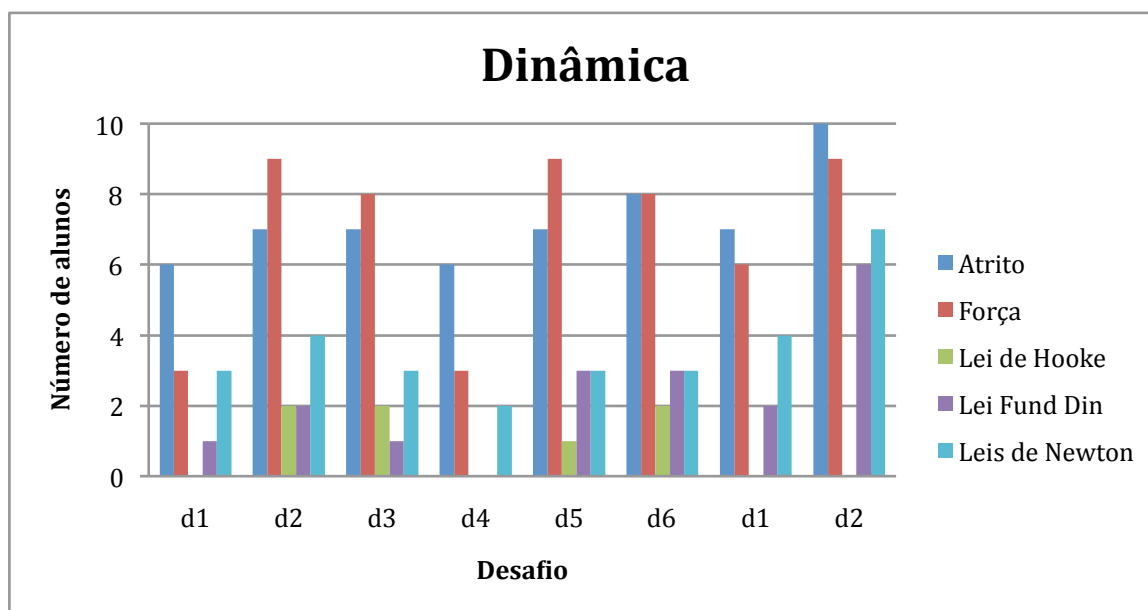


Figura 20. Número de alunos que identificam os conceitos/leis de Dinâmica por desafio.

Relativamente à Dinâmica, podemos observar que a lei de Hooke (força elástica) foi identificada nos desafios em que se utilizou o sensor de toque, cujo funcionamento se baseia na dependência da intensidade da força elástica com a compressão/descompressão da mola; o atrito é reconhecido pelos alunos como um factor que está presente em todos os desafios, o que efectivamente corresponde à realidade, uma vez que neste tipo de problema não podemos desprezar o atrito; verificamos que o conceito de força é identificado em todos os desafios e que existem mais alunos a identificar as leis de Newton em detrimento da lei Fundamental da Dinâmica, dado que esta é uma das três leis de Newton. Portanto, os alunos podem ter identificado a lei fundamental da Dinâmica com as leis de Newton.

No gráfico da Figura 21 encontram-se apresentados os dados relacionados com o electromagnetismo.

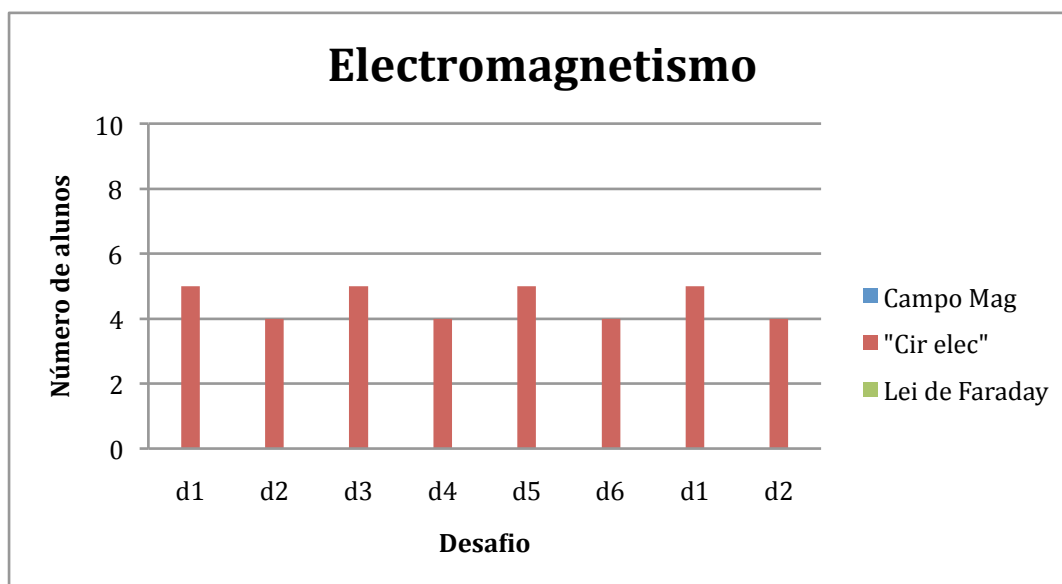


Figura 21. Número de alunos que identificam os conceitos/leis de Electromagnetismo por desafio.

Neste domínio os alunos só identificaram o conceito de circuito eléctrico. Efectivamente nestes desafios não estiveram presentes os conceitos de campo magnético e da lei de Faraday.

No gráfico da Figura 22 encontram-se apresentados os dados referentes aos conceitos/leis do domínio da Energia.

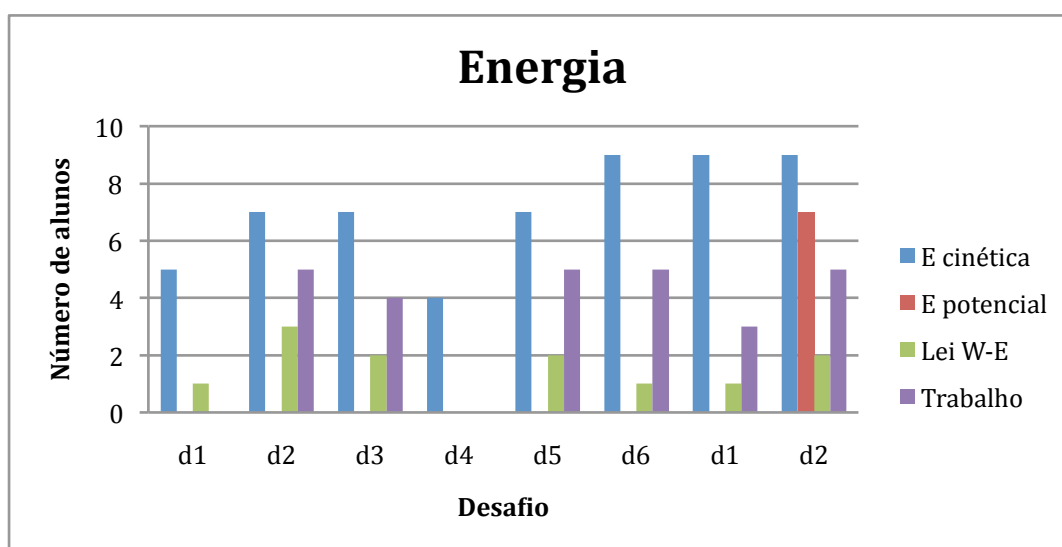


Figura 22. Número de alunos que identificam os conceitos /leis de Energia por desafio.

De uma forma geral, os alunos identificaram a energia cinética (associada ao movimento) como sendo um conceito presente em todos os desafios, apesar de no desafio d4 (sensor de ultra-sons) não haver movimento, esta forma de energia foi identificada por um conjunto não nulo de alunos. Outra observação interessante é o facto de a energia cinética surgir em todos os desafios (excepto no d4) associada à lei do trabalho-energia e ao trabalho, porque esta lei relaciona o trabalho da força resultante com a variação da energia cinética. Um outro aspecto também pertinente corresponde ao facto do conceito de energia potencial ter sido identificado por sete alunos no desafio 2 da actividade 2. Como esta forma de energia está associada a variações de altura, podemos concluir que os alunos usaram correctamente a essência do conceito físico quando o identificaram somente no último desafio, uma vez que é o único em que há um desnível para ultrapassar.

No gráfico da Figura 23 encontram-se apresentados os dados relativos ao domínio das ondas.

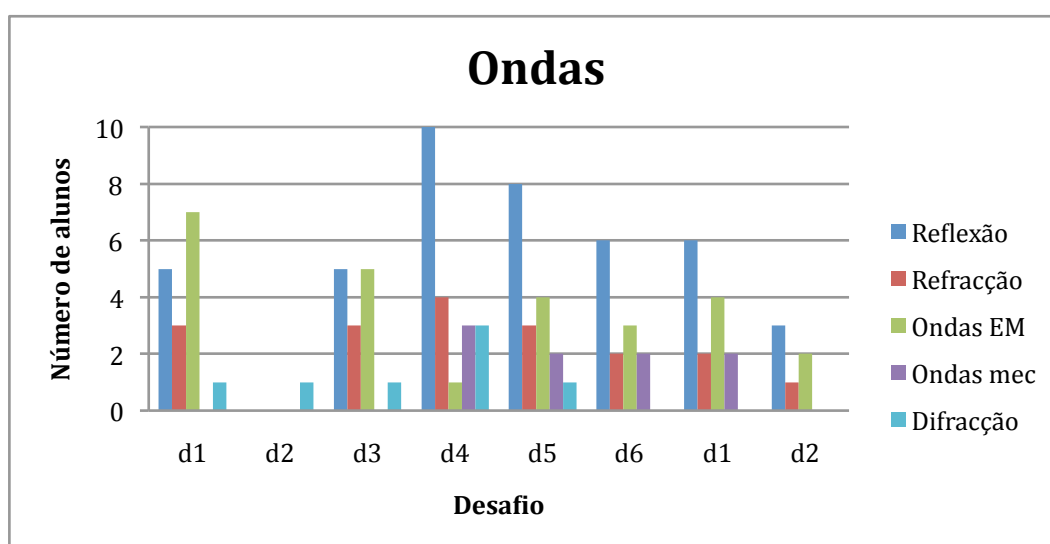


Figura 23. Número de alunos que identificam os conceitos/leis sobre Ondas por desafio.

Podemos à partida verificar que o conceito de reflexão das ondas está presente em todos os desafios, à excepção do desafio d2 da actividade 1, pois neste só se estuda o

comportamento do sensor de toque que não envolve fenómenos de reflexão. Nos restantes desafios o fenómeno da reflexão está presente, tanto através do sensor de ultra-sons como através do sensor de luz. Houve um conjunto diminuto de alunos que identificaram a difracção e a refracção como conceitos subjacentes a quase todos os desafios. Esta associação discordante com a realidade física dos problemas pode estar relacionada com o facto dos alunos não terem os conceitos de refracção e de difracção devidamente interiorizados. Quanto às ondas electromagnéticas e mecânicas, verificamos que surgem sempre que os alunos usam os sensores de luz (onda electromagnética) e de ultra-sons (onda mecânica).

No gráfico da Figura 24 encontram-se apresentados os dados para conceitos/leis relacionados com a Cinemática (descrição do movimento).

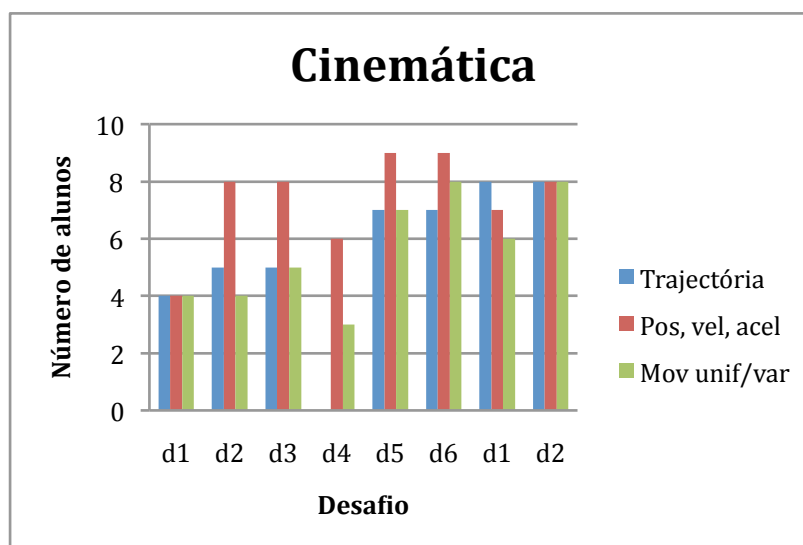


Figura 24. Número de alunos que identificam os conceitos/leis de Cinemática por desafio.

Em geral, verificamos que a posição, velocidade e aceleração são os conceitos mais identificados, o que é explicado pelo facto destas serem as grandezas cinemáticas fundamentais que são muito trabalhadas ao nível dos 11º e 12º anos. O conceito de trajectória (que corresponde ao conjunto de todas as posições assumidas pelo corpo), aparece em todos os desafios, excepto do desafio d4 da actividade 1, que não envolve variações de posição. A

classificação do movimento em uniforme e variado é sempre feita com base na existência ou não de variações de velocidade (aceleração), pelo que este conceito surge associado às grandezas cinemáticas fundamentais.

No gráfico da Figura 25 encontram-se os dados referentes ao único conceito de Física Moderna – efeito fotoelétrico.

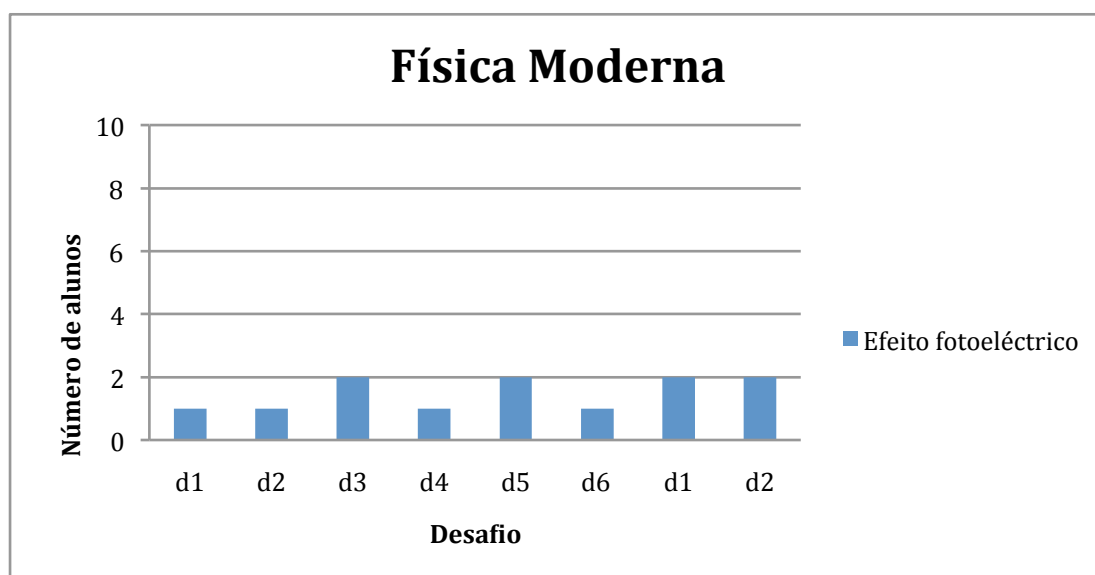


Figura 25. Número de alunos que identificam os conceitos associados à Física Moderna por desafio.

O conceito de efeito fotoelétrico foi pouco identificado (0, 1 ou 2 alunos por desafio), porque estes podem ter tido alguma tendência para associar o efeito fotoelétrico ao funcionamento do sensor de luz.

Em suma, relativamente à capacidade de os alunos identificarem conceitos/leis trabalhados nas aulas de Física, no contexto dos problemas de robótica, podemos concluir que, de um modo geral, os alunos conseguem:

a) identificar os conceitos/leis de uma forma coerente com o problema de robótica que estão a tratar;

- b) relacionar os conceitos/leis associados a domínios da Física (por exemplo, Dinâmica, Cinemática, Energia, etc.);
- c) associar os conceitos/leis da Física ao tipo de movimento que o robô tem de efectuar e aos sensores usados na resolução dos problemas.

Salientamos ainda que o questionário da relação da robótica com a Física teve como principal intuito perceber se os alunos são capazes de identificar os conceitos/leis trabalhados na sua formação de Física, de forma a potenciar futuros temas de investigação na área da robótica ao serviço do Ensino da Física.

Da análise efectuada do questionário levantamos a seguinte questão: será que o facto dos alunos do grupo experimental terem Física no 12º ano influenciou os seus desempenhos no questionário? Ou seja, será que um conjunto de alunos do curso de Ciências e Tecnologias com outro leque de disciplinas no 12º ano teria desempenhos semelhantes?

Para responder a estas questões seria interessante realizar uma outra investigação.

CONCLUSÕES

Depois de analisados os dados resta-nos apresentar as principais conclusões da investigação. Importa salientar que durante a apresentação e análise dos resultados, foram feitas algumas inferências norteadas pelos nossos objectivos de investigação e à luz do quadro teórico adoptado. Para o delineamento deste percurso, utilizámos diferentes métodos de recolha de dados, que sofreram um processo de triangulação, o que permitiu assegurar a validade interna do estudo. Este processo refere-se “a uma metodologia em que se observa o mesmo fenómeno de três (ou mais) pontos diferentes” (Sousa, 2005, p.173). No nosso caso, pretendíamos recolher e analisar dados com origens diferentes para os estudar e comparar entre si, de modo a conferir robustez à investigação.

Torna-se então relevante retomar os objectivos e as questões que guiaram a investigação e fazer uma síntese dos resultados obtidos. Com a presente investigação procurou-se avaliar o impacto da utilização da robótica no processo de ensino e aprendizagem baseado na resolução de problemas e na capacidade de planeamento dos alunos do Ensino Secundário. Assim, formularam-se os seguintes objectivos específicos:

1. Conceber problemas mal-estruturados de robótica de forma a promover a resolução de problemas;
2. Avaliar o impacto dos problemas nas competências de resolução de problemas dos alunos, em particular no planeamento;
3. Analisar a forma como os alunos resolvem os problemas apresentados;
4. Descrever uma metodologia de ensino inserida no currículo do Ensino Secundário – em particular na área não disciplinar de Área de Projecto;

5. Recolher as opiniões dos alunos sobre esta metodologia de trabalho;
6. Avaliar se os alunos identificam os conceitos tratados em Física no contexto dos problemas de robótica.

De acordo com estes objectivos de investigação foram levantadas as seguintes questões de investigação:

1ª questão: Será que a resolução de problemas de robótica promove nos alunos o treino de competências de resolução de problemas, em particular de planeamento?

Tal como vimos no capítulo 1, para o processo de resolução de problemas existem vários modelos teóricos. Todavia, todos englobam uma etapa que corresponde ao processo de estabelecimento de um plano, pelo que decidimos investigar se no caso particular da resolução de problemas de robótica há ou não estímulo significativo ao treino dessa competência.

Para tal, como referimos no capítulo 5, optámos por uma metodologia experimental com um *design* quase-experimental, na qual utilizámos como variável de controlo o nível de pensamento lógico dos alunos (na qual não se registaram diferenças) e como variável dependente o seu nível de planeamento (medido por intermédio das variáveis nível de planeamento e duração da prova de planeamento).

Assim, chegámos à conclusão que para o grupo experimental ocorreu uma evolução estatisticamente significativa (a 10 %) ao nível do planeamento. No capítulo 6, vimos que o grupo experimental apresenta um nível de significância ($p\text{-value (exact.sig (1-tailed))} = 0,063$) bastante menor do que o grupo de controlo ($p\text{-value (exact.sig (1-tailed))} = 0,426$). Estes resultados foram observados tanto para a variável nível de planeamento como para a duração da prova de planeamento no pós-teste ($p\text{-value sig (2-tailed)} = 0,065$). Para a variável nível

de planeamento seguimos as recomendações da APA e determinámos a magnitude do efeito para ambos os grupos, quantificada pelo coeficiente de correlação bisserial, r_C , obtendo-se uma magnitude maior para o grupo experimental ($r_C (GE) = + 0,31$; $r_C (GC) = - 0,17$).

Desta forma, podemos concluir que o processo de resolução de problemas de robótica estimulou de forma significativa a capacidade de planear dos alunos do grupo experimental.

2ª questão: Que estratégia usam os alunos quando resolvem os problemas de robótica?

Para responder a esta questão fomos analisar o processo de resolução dos problemas, tendo sido recolhidos dados através de entrevistas semidirigidas, de observação e de análise documental.

No capítulo da apresentação e análise dos dados do processo, concluímos que na resolução dos problemas de robótica, os alunos começam por representar o problema onde desenvolvem um mecanismo para conhecer a sua natureza; nesta fase surge uma caracterização genérica dos obstáculos e dos objectivos a atingir. Passam ao estabelecimento do plano, onde conjugam as informações do problema com os conhecimentos já adquiridos (quer de problemas anteriores, quer de áreas como a Física e a Matemática), de modo a estabelecerem um caminho para encontrar a solução – o plano. O processo de planeamento é feito com uma ligação muito estreita entre a experimentação e a observação/análise do comportamento do robô e verificando se a solução é ou não compatível com o problema a solucionar. Nesta fase os alunos tomam a decisão de reformular o plano ou de passar à etapa seguinte da resolução dos problemas, voltando novamente a seguir o mesmo processo.

Podemos ainda concluir que a resolução destes problemas de robótica, pela sua natureza (mal-estruturados), apelam a uma metodologia de resolução de problemas em que

está sempre presente o estímulo à capacidade de planear do solucionador, o que vem ao encontro dos resultados experimentais.

3ª questão: O desenvolvimento de projectos de robótica permite atingir os objectivos das orientações curriculares de Área de Projecto do Ensino Secundário?

Para responder a esta questão fomos analisar o documento orientador da Área de Projecto e os dados referentes ao acompanhamento do processo de resolução dos problemas.

Tal como vimos no capítulo 1, a disciplina de Área de Projecto assenta numa metodologia de trabalho de projecto, que preconiza, de entre outros objectivos, a utilização de metodologia de resolução de problemas, o desenvolvimento de trabalho em equipa, a integração de conhecimentos das diferentes disciplinas. Ou seja, a Área de Projecto é considerado “um vector de integração curricular” (p.7).

Ao nível das competências, no documento orientador considera-se que é

uma área em que os alunos mobilizam competências desenvolvidas no contexto dos conteúdos das disciplinas do seu plano curricular para resolverem problemas, para estudarem e compreenderem fenómenos do mundo que os rodeia, elaborando produtos concretos de natureza diversa (p.7).

Estas competências “organizam-se, fundamentalmente, em torno de dois grandes eixos estruturantes que são a gestão da informação e o trabalho em equipa”, isto é, pretende-se que os alunos sejam capazes de usar informações de naturezas diferentes com o objectivo de resolver problemas, em parceria com os colegas de grupo.

Atendendo ao modelo de resolução de problemas usado pelo grupo experimental, podemos concluir que a utilização da robótica em Área de Projecto no Ensino Secundário, vai ao encontro dos princípios orientadores desta área curricular não disciplinar. Desta forma, a Área de Projecto pode ser encarada como um meio de infusão curricular da robótica no Ensino Secundário.

4ª questão: Será que os alunos identificam os conhecimentos de Física na resolução dos problemas de robótica?

Pelos resultados obtidos no tratamento dos dados do questionário “Relação da robótica com a Física”, descritos no capítulo 7, podemos concluir que os alunos são capazes de identificar conceitos/leis da Física no contexto da resolução de problemas de robótica.

Para além do processo de identificação, também verificámos que os conceitos/leis reconhecidos pelos alunos se agrupam por domínios da Física, pelo que, da lista fornecida no questionário, os alunos seleccionam mais conceitos/leis associados ao domínio da Física que está mais implícito no problema em questão.

Limitações do Estudo

As principais limitações da investigação prendem-se com questões relacionadas com factores que afectam a sua validade (interna e externa) e com a condução dos procedimentos experimentais.

Relativamente à validade interna, que se refere essencialmente à robustez intrínseca da estratégia de investigação, garantindo que ela vale de facto o que se pretende, podemos concluir que o nosso estudo apresenta validade interna, uma vez que a metodologia usada

permitiu responder aos objectivos, às questões e hipóteses de investigação. Salientamos, no entanto que o efeito de aprendizagem observado na Prova de Planeamento, o seu menor poder discriminativo relativamente ao posicionamento dos sujeitos em termos de nível de planeamento e a selecção não aleatória dos grupos, são factores que podem enfraquecer a validade interna da investigação. Todavia, tivemos sempre como propósito principal um desenho experimental em que se controlaram as condições que poderiam vir a ocultar os verdadeiros efeitos das variáveis independentes sobre as variáveis dependentes, como o nível de pensamento lógico dos sujeitos de ambos os grupos, o percurso académico (os sujeitos de ambos os grupos frequentavam o Curso de Ciências e Tecnologias sem retenções), o sexo e a idade.

No que respeita à validade externa da investigação, que está relacionada com a possibilidade de os resultados obtidos serem generalizados à população, podemos concluir que a nossa investigação não apresenta validade externa, pois a metodologia seguida não nos permite generalizar os resultados para a população de todos os alunos de Área de Projecto do 12º ano do Curso de Ciências e Tecnologias. O que é explicado pela falta de representatividade da amostra em estudo.

Neste campo salientamos como principais limitações ao nível da validade externa, o efeito interactivo do pré-teste. Na opinião de Almeida e Freire (1997) “existência de um pré-teste no procedimento experimental só por si pode afectar a generalização dos resultados finais obtidos” (p.77), o que no nosso caso se verificou pelo chamado efeito de aprendizagem verificado na resolução da prova de planeamento pelos grupos experimental e de controlo.

No nosso caso, segundo Pilliner (1973, citado por Sousa, 2005), apresentamos uma investigação que ostenta validade interna, isto é, possui uma estrutura robusta dentro dos seus

limites para conferir credibilidade aos resultados, não sendo generalizáveis, o que é consequência da metodologia de investigação adoptada.

Ainda dentro das limitações salientamos:

- O facto da entrevista aos alunos, da Prova de Planeamento e do questionário da relação entre a robótica e a Física, que foram elaborados especificamente para esta investigação, não terem sido objecto de validação anterior;
- O facto de o intervalo de tempo destinado à investigação ser relativamente curto, o que não permitiu um maior aprofundamento do estudo, limitando a generalização de alguns resultados;
- O facto do investigador ser Professor dos alunos que pertenciam ao grupo experimental em duas disciplinas: Área de Projecto (onde se realizou a experiência) e Física. Esta limitação pode ter influenciado o desempenho dos alunos na resposta ao questionário da relação da robótica com Física, uma vez que o investigador no decurso das aulas de Física utilizou exemplos em que a relação entre estas duas áreas era notória;
- A inexperiência do autor na investigação em Ciências da Educação.

Apesar de todas as limitações apresentadas consideramos que a presente investigação apresenta diferentes valências para o investigador. Em primeiro lugar salientamos o facto de o investigador se interessar pelas questões relacionadas com a robótica e com a sua integração no currículo do Ensino Secundário, permitindo desta forma contribuir para orientar o trabalho de todos os que também se interessam por essa área. Em segundo lugar realçamos o valor pessoal, no sentido em que este percurso contribuiu para um despertar de interesses e motivações relacionados com a investigação em Educação.

Sugestões para Trabalhos Futuros

De um modo geral, podemos concluir que os resultados do nosso trabalho foram promissores para o desenvolvimento de futuras investigações no âmbito da robótica educativa.

Assim, sugerimos que ao nível do plano de investigação se desenvolva um desenho em que se utilizem amostras de maiores dimensões, seleccionadas aleatoriamente para conferir validade externa aos resultados e que se utilize um instrumento de medida para o nível de planeamento dos alunos validado.

Outro aspecto que nos pareceu ser interessante e que já foi referido no capítulo 7, consiste em perceber se as estratégias de resolução dos problemas de robótica adoptada pelos alunos dos grupo experimental se deve ao facto de estes serem inexperientes neste campo. Ou seja, será que existem diferenças nas estratégias de resolução de problemas de robótica em solucionadores experientes e inexperientes?

Um outro domínio onde há carência de dados de investigação é a infusão curricular da robótica no Ensino Secundário em áreas disciplinares como a Física e a Matemática. Deste modo, propomos que sejam desenvolvidas actividades experimentais nestes domínios e que seja avaliado o seu impacto no processo de ensino e aprendizagem dos alunos.

Outro aspecto também importante que ressaltou das opiniões dos alunos sobre esta metodologia de trabalho é o facto da robótica ser uma mais valia para o seu percurso académico no Ensino Superior. Neste sentido pensamos que pode ser importante conhecer de que forma é que a utilização da robótica no Ensino Secundário pode contribuir para melhorar os desempenhos nos alunos ao nível das Ciências e Tecnologias no Ensino Superior. Caso exista um efeito positivo da utilização da robótica sobre este grupo de alunos, também será

interessante perceber quais são os aspectos desta metodologia de trabalho que contribuem para o melhor desempenho. Por outras palavras, será que é o desenvolvimento de competências cognitivas, como o planear, que é responsável por esse desempenho?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbatinozzi, M. & Adamec, D., (2003). *Exploring physical science through engineering*. Retirado em 21 de Dezembro de 2008 de http://www.cceo.tufts.edu/robojabatceeo/k12/curriculum_units/PhysicalScience_GRD_9.pdf.
- Almeida, L. & Freire, T. (1997). *Metodologia de investigação em psicologia e educação*. Coimbra: Associação de Psicólogos Portugueses.
- Anderson, J. (2000). *Cognitive psychology and its implications* (5ªed.). New York: Worth Publishers.
- Balday, R. & Paterne, J. (1979). *Réflexions sur un test opératoire: l'ÉCDL*. Feuilles Documentaire du SAIO de Rouen, 127/128, 29-49.
- Berhr, M., Harel, G., Post, T. & Lesh, R. (1992). Rational number, ratio, proportion. In *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 296 – 333). New York: Macmillan.
- Bertacchini, P. A., Gabriele, L., Pantano, P. & Servidio, R. (2003). Investigating cognitive processes in robotic programmers developed by children in educational context. In M. Roccetti e M. R. Syed (Eds.), *Proceedings of international conference on simulation and multimedia in engineering education/western multiconference on computer simulation*, Orlando;
- Boavida, A. (1983). *Resolução de problemas em educação matemática: Contributos para uma análise epistemológica e educativa das representações pessoais dos professores*. Lisboa: APM.

- Bogdan, R. & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Boogaarts, M., Daudelin, J., Davis, B., Kelly, J., Levy, D., Morris, L., Rhodes, F., Scholz, M., Smith, C., & Torok, R. (2007). *The lego mindstorms NXT idea book*. USA: No starch Press.
- Carvalho, C. (2001). *Interacção entre pares: contributos para a promoção do desenvolvimento e do desempenho estatístico no 7º ano de escolaridade*. Tese de Doutoramento da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Coelho, J.P., Cunha, L.M. e Martins, I.L. (2008). *Inferência estatística com a utilização do SPSS e G*power*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (1994) *Research Methods in Education*, 4th ed. London: Routledge.
- Correia, L. (2006). *Tópicos introdutórios sobre robôs móveis*. Manuscrito não publicado, Departamento de Informática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Coutinho, C.P. (2007). Tecnologia educativa em Portugal: um contributo para a caracterização do seu quadro teórico e conceptual. *Revista Psicologia, Educação e Cultura*, XI (1), 73-94.
- Coutinho, C.P. & Chaves, J.H. (2002). O estudo de caso na investigação em tecnologias educativas em Portugal. *Revista Portuguesa de Educação*, 15 (001), 221-243.
- D'Abreu, J. (2004). Disseminação da robótica pedagógica em diferentes níveis de ensino [versão electrónica] *Revista Educativa*, Nova Odessa, 1, (1), 11-16.
- Davidson, J. & Sternberg, R. (eds.) (2003). *The psychology of problem solving*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Denis, B., e Hubert, S. (2001). Collaborative learning in an educational robotics environment. *Computer in Human Behavior*, 17 (5-6), 465 – 480.

- Denzin, N. K. & Lincoln, Y.S. (1994). *Handbook of qualitative research*. Sage: Thousand Oaks, CA.
- Esteves, M.M. (2006). Análise de conteúdo. In J.A.Lima e J.A. Pacheco (Eds.). *Fazer investigação: contributos para a elaboração de dissertações e teses*. Porto: Porto Editora.
- Estrela, A. (2004). *Teoria e prática de observação de classes: uma estratégia de formação de professores*. Porto: Porto Editora.
- Fernandes, E. e Maia, A. (2001). Grounded theory. In E. Fernandes e L. Almeida (Eds.). *Técnicas de avaliação: contributos para a prática e investigação psicológica*. Braga: Universidade do Minho.
- Fonseca, J. (2005). *Relação entre competências cognitivas e resolução de problemas de matemática: estudo com alunos do 9º ano*. Dissertação de mestrado apresentada na Universidade da Beira Interior.
- Ghiglione, R. & Matalon, B. (1993). *O inquérito: teoria e prática*. Oeira: Celta Editora.
- Hacker, L., (2003). *Robotics in education: ROBOLAB and robotic technology as tools for learning science and engineering*. Tese de licenciatura apresentada ao Department of Child Development da Tufts University. Retirado em 21 de Dezembro de 2008 de <http://ase.tufts.edu/roboticsacademy/Theses/LauraHacker03.pdf>.
- Harel, I. (1991). *Children designers*. Norwood, NJ: Ablex.
- Hay, K. & Barab, S. (2001). Constructivism in Practice: A Comparison and Contrast of Apprenticeship and Constructionist Learning Environments. *The Journal of the Learning Sciences*, 10 (3), 281-322.
- Hay, K. E., Wiengrad, P., Bolye, R. A., Guzdia, M. & Soloway, E. (1994). Student creation of multimedia documents. *Computers and Education*, 23(4), 301–317.
- Hayes, J.R. (1989). *The complete problem solver* (2nd edition). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Hirst, A., Johnson, J., Petre, M., Price, B. & Richards, M. (2002). *What is the Best Environment-Language for Teaching Robotics Using Lego Mindstorms?* Retirado em 21 de Dezembro de 2008 de <http://mcs.open.ac.uk/bp5/papers/AROB2002/2002-AROB-Hirst.pdf>.
- Hong, N., McGee, S. & Howard, B. (2000). *The effect of multimedia learning environments on well-structured and ill-structured problem-solving skills*. Paper presented in Annual Meeting of the American Educational Research Association.
- Inácio, R. (2006). *Comunidade virtual de aprendizagem de matemática – uma experiência com alunos do 10º ano de escolaridade*. Dissertação de Mestrado da Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Lisboa.
- Jackson, S. L., Stratford, S. J., Krajcik, J. & Soloway, E. (1996). Making system dynamics modeling accessible to pre-college science students. *Interactive Learning Environments*, 4(3), 233–257.
- Johnson, B. & Chistensen, L. (2004). *Educational research: quantitative, qualitative and mixed approaches (2nd ed.)*. Boston: Pearson Education Inc.
- Jonassen, D. H. (1996). *Computers in the classroom: Mindtools for critical thinking*. Englewood Cliffs, NJ: Merrill.
- Kafai, Y. B. (1995). *Minds in play: Computer game design as a context for children's learning*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Latombe, J. (1991). *Robot motion planning*. *The Springer International Series in Engineering and Computer Science*, vol. 124.
- Lau, K., Tan, H., Erwin, B. & Petrovic, P. (1999). *Creative Learning in School with Lego Programmable Robotics Products*. Proceedings of 29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, San Juan, Puerto Rico, Novembro de 1999.
- Leite, E. & Santos, M. (2004). *Nos trilhos da Área de Projecto*. IIE: Lisboa.

- Lemos, G. (2007). *Habilidades cognitivas e rendimento escolar dos 5º ao 12º ano*. Tese de Doutoramento inédita da Universidade do Minho.
- Lindh, J. & Holgersson, T. (2007). *Does Lego training stimulate pupils' ability to solve logical problems?* [Versão electrónica] *Computer & Education*, 49, 1097 – 1111.
- Lopes, C.A. (2002). *Estratégias e métodos de resolução de problemas em matemática*. Porto: Edições Asa.
- Mayer, R. E. (1986). *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*. Barcelona: Editorial Paidós.
- Maroco, J. (2007). *Análise estatística com a utilização do SPSS*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Mindstorms NXT. (2008). Mindstorms NXT home. [on-line]. Retirado em 5/01/2009 de http://mindstorms.lego.com/eng/Israel_dest/Default.aspx
- Miranda, G. (1998). *Concepção de um ambiente de aprendizagem Logo em meio escolar. Efeitos sobre a cognição e os conhecimentos geométricos de crianças de 9-10 anos*. Tese de Doutoramento da Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Lisboa.
- Moreira, C.D. (2007). *Teorias e práticas de investigação*. Lisboa: Instituto de Ciências Sociais e Políticas da Universidade Técnica de Lisboa.
- Nagchaudhuri, A., Singh, G., Kaur, M. & George, S. (2002). *Lego Robotics Products Boost Student Creativity in Pre-college Programs at UMES*. Proceedings of the 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference – session S4D.
- Neto, A. (1998). *Resolução de problemas em física: conceitos, processos e novas abordagens*. Lisboa: IIE.
- Newell, A. (1966). *On the analysis of human problem solving protocols*. Artigo apresentado no International Symposium of mathematical and computational methods.

- Newell, A. & Simon, H. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic.
- Papert, S. (1991). *Situating constructionism*. In I. Harel & S. Papert (Eds.), *Constructionism* (pp. 5–23). Norwood, NJ: Ablex.
- Pea, R. D. & Kurland, D. M. (1983). *On cognitive prerequisites of learning computer programming*. Technical report, nº 18. Center for Children and technology.
- Pea, R.D. & Kurland, D.M. (1984). On the cognitive effects of learning computer programming, *New Ideas in Psychology*, 2, 137-168.
- Petre, M. & Price, B. (2004). Using robotics to motivate back door learning. *Educational and Information Technologies*, 9 (2).
- Polya, G. (2003). *Como resolver problemas*. Lisboa: Gradiva.
- Punch, K. (1998). *Introduction to social research: quantitative and qualitative approaches*. London: Sage Publications.
- Quivy, R. & Campenhoudt, L. (2003). *Manual de investigação em ciências sociais*. Lisboa: Gradiva.
- Resnick, M. (1996). New paradigms for computer, new paradigms for thinking. In Y. B. Kafai & M. Resnick (Eds.), *Constructionism in practice: Designing, thinking, and learning in a digital world* (pp. 255–268). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Robotics Research Group of The University of Texas, s/d, Robotics Research Group of The University of Texas [on-line]. Retirado em 12/12/2008 de http://www.robotics.utexas.edu/rrg/learn_more/history/.

- Rocha, R. (2006). *Utilização da robótica pedagógica no processo de ensino-aprendizagem de programação de computadores*. Dissertação de Mestrado do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.
- Rogers, C. & Portsmore, M. (2004). Bringing Engineering to Elementary School. *Journal of STEM Education: innovations and research* , 5.
- Schoenfeld, A. (1985). *Mathematical problem solving*. London: Academic Press.
- Simon, H. (1978). Information processing theory of human problem-solving. In *Handbook of learnig and cognitive processes* (vol. V, pp. 271-295).
- Simon, H. A. & Newell, A. (1971). Human problem solving: the state of the theory in 1970. *American Psychologist*, 26, 145 – 159.
- Sousa, A. (2005). *Investigação em educação*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Sternberg, R. & Ben-Zeev, T. (2001). *Complex cognition: the psychology of human thoought*. Oxford Univerity Press: New York.
- Strauss, A. (1987). *Qualitative research for social scientists*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Teixeira, J. (2006). *Aplicações da robótica no ensino secundário: o sistema lego mindstorms e a física*. Dissertação de Mestrado da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra.
- Tuckman, B. (2000). *Manual de investigação em educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Unterrainer, J. M. & Owen, A. M. (2006). Planning and problem solving: from neuropsychology to functional neuroimaging [Versão electrónica]. *Journal of Pshyology*. 55, 308-317.

- Varnado, T. (2005). *The effects of a technological problem solving activity on FIRSTTM LEGOTM League participants problem solving style and performance*. Tese de doutoramento do Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Williams, D., Yuxin, M., Ford, M. & Lai, G. (2007). Acquisition of Physics content knowledge and scientific inquiry skills in robotics summer camp. *Journal of research on technology in education*, 40 (2), 201 – 216.

ANEXOS

Anexo I – Problemas de Robótica

Problemas

Descrição geral:

Os problemas encontram-se divididos em duas actividades. Na actividade 1, constituída por seis desafios, os alunos têm de realizar um conjunto de tarefas que permitem adquirir conhecimentos sobre o funcionamento dos sensores de luz, de toque de ultra-sons.

Na actividade 2 são apresentados dois problemas que implicam a planificação de várias soluções e a construção de um protótipo que satisfaça um objectivo geral.

Actividade 1

Esta actividade é constituída por seis desafios.

Objectivo: Compreender o funcionamento dos sensores de luz, ultra-som e de toque.

Vamos programar o nosso robô para realizar algumas tarefas simples de interacção com o ambiente. Apesar da simplicidade das tarefas, podemos constatar que, dada a pobreza sensorial do robô, e até as limitações de programação vai ser necessária imaginação e criatividade e algum esforço para as podermos levar a cabo.

Todos os desafios desta actividade têm como comportamentos-chave: “evitar obstáculos” e “seguir obstáculos”.

Desafio 1 – “Sensor de luz”

Neste desafio pretende-se estudar e compreender algumas propriedades do sensor de luz.

1. Monte o sensor de luz.

1.1. Aponte o sensor para o meio da sala de aula e registe o valor lido.

1.2. Tape o sensor e registe o valor lido.

1.3. Coloque o sensor próximo de uma folha branca. Registe o valor lido.

1.4. Se afastar o sensor sucessivamente da folha o que acontece à intensidade lida?

1.5. Faça uma leitura a curtas distâncias das cores primárias (RGB) e ordena-as por intensidades.

Vermelho –

Verde –

Azul -



2. Considere a seguinte situação: “Pretende-se conceber um robô que ande paralelamente a uma parede, mantendo uma distância média de cerca de 10 cm desta”.

Indique se é possível ou não usar o sensor de luz. Fundamente a sua opção.

Desafio 2 – “Tacteando!”

3. Pretende-se que o robô siga na mesma a parede, mas agora usando um sensor de toque.

3.1. Planifique a experiência e ... experimente!

3.2. E então o que observa?

Desafio 3 – “Tacteando apoiado”

4. Experimente agora fazer o robô seguir paredes, usando os dois sensores: luz e de toque.

4.1. Que alterações tem de efectuar na programação?

4.2. Descreva o comportamento do seu robô.

Desafio 4 – “O sensor de ultra-sons”

Com este desafio pretende-se estudar e compreender o funcionamento do sensor de ultra-sons.

5. Monte o sensor de ultra-sons e faça a ligação ao NXT.

Com auxílio de uma régua, coloque o seu manual de Física a 30 cm do sensor.

5.1. Leia a distância com o sensor e calcule o erro absoluto da medida.

5.2. Execute o mesmo procedimento, mas substitua o livro de Física por um pano.

5.3. Justifique as diferenças encontradas.

5.4. Indique duas potencialidades e duas limitações do sensor de ultra-sons.

6. Coloque o sensor de ultra-sons a cerca de 30 cm da parede.

6.1. Leia a distância.

6.2. Suponha que se roda o sensor de cerca de 45°. Faça uma previsão da leitura dada pelo sensor? Experimente!

6.3.O que pode concluir?

Desafio 5 – “Tacteando com tudo”

7.Como é do seu conhecimento o NXT tem um sensor de ultra-sons. Experimente agora fazer o robô seguir as paredes usando todos os sensores (luz, toque e ultra-som) ou o sub-conjunto que considere mais adequado.

7.1.Discuta com os seus colegas de grupo a melhor opção.

7.2.Planifique o procedimento a seguir.

7.3.Faça uma previsão do que irá acontecer?

7.4.O que pode concluir sobre a sua opção?

7.5.Sugira alterações a esta tarefa.

Desafio 6 – “Vagueando”

Agora que o robô já consegue andar “apoiado” a uma parede, vamos dotá-lo de mais uma competência!

8.Pretende-se que o robô ande livremente até encontrar um obstáculo. Neste caso deve evitá-lo e continuar a sua senda exploratória.

8.1. Faça uma planificação do procedimento a adoptar tendo em conta os resultados dos desafios anteriores.

Experimente o seu procedimento.

Há-de reparar que, se o espaço for vasto, vaguear sempre em frente é pouco interessante para quem está a observar. Experimente a dotar o seu robô da capacidade de virar, para a esquerda ou para a direita, de vez em quando.

8.2. Que alterações tem de introduzir na sua programação para que o robô tenha essa capacidade?

Por fim, para tornar o comportamento do robô mais interessante pode fazer variar a velocidade com que o robô se move, ou seja, desloca-se com movimento uniformemente acelerado num espaço livre e com movimento uniformemente retardado quando se aproxima de um obstáculo.

8.3. Descreva sucintamente o que tem de fazer para que o robô tenha um movimento variado.

Actividade 2. Esta actividade é constituída por dois desafios.

Objectivos:

Pretende-se que os alunos, perante a descrição de dois problemas:

- identifiquem o problema;
- planifiquem possíveis soluções para o problema;
- seleccionem a melhor solução;
- contruam um protótipo;
- testem;
- avaliem;
- comuniquem os seus resultados.

Desafio 1. Segue a linha e apanha a bola ...

Neste desafio pretende-se que construam um robô que parta da posição INICIAL (START), que siga a linha preta e que vá apanhar a bola azul. Depois de apanhar a bola tem de encontrar a linha novamente e parár na posição INICIAL (START).

Atenção o vosso robô inicia a sua exploração com o som de uma palma!

O percurso encontra-se esquematizado na figura 1.

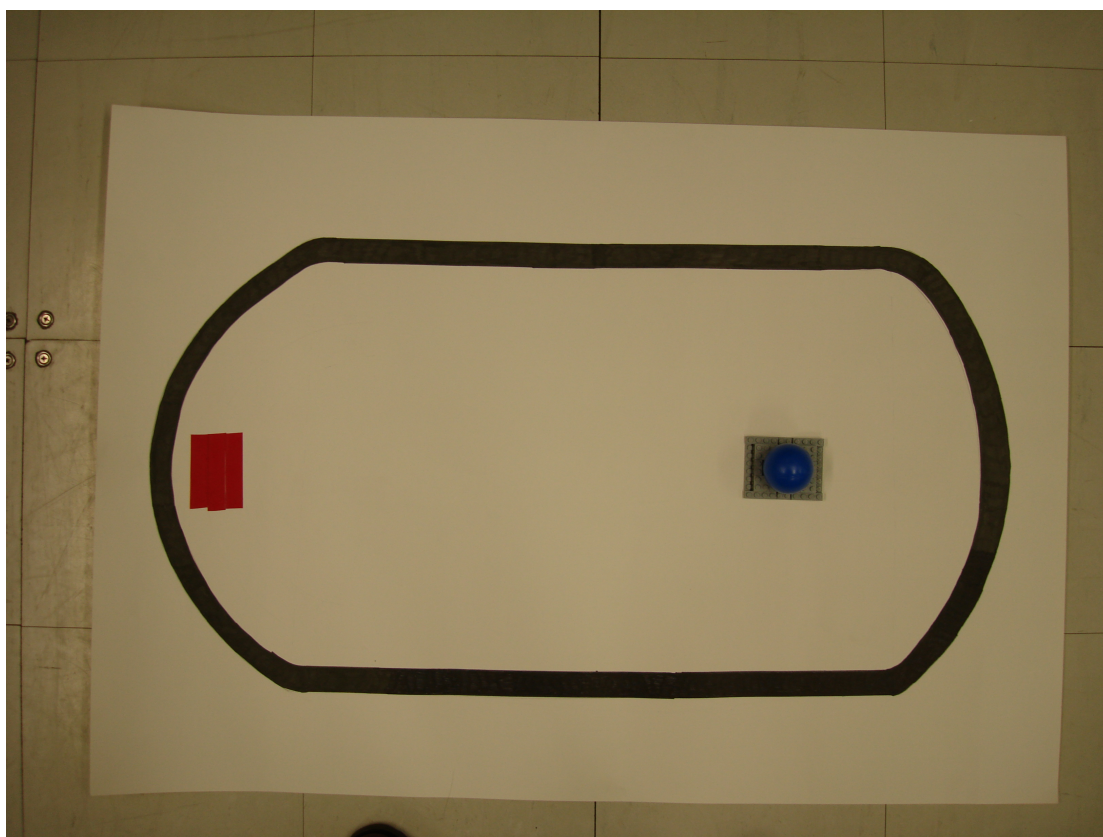


Figura 1. Percurso que o robô deve seguir.

1.1.Descreva o comportamento que acha que o robô deve ter para atingir o objectivo do desafio.

1.2.Planifique com uma(s) possível(is) soluções para o problema.

Fundamente todas as decisões tomadas.

1.3.Teste o seu protótipo e avalie o seu comportamento.

1.4.Prepare uma breve comunicação do seu percurso neste desafio para os seus colegas de turma.

Desafio 2. Robô TT

Neste desafio pretende-se que projectem um robô que tenha características todo-o-terreno (TT). O seu robô deve ser capaz de andar em terrenos desnivelados, contornar obstáculos e subir um plano inclinado e atravessar uma descontinuidade.

O percurso encontra-se esquematizado na figura 2:

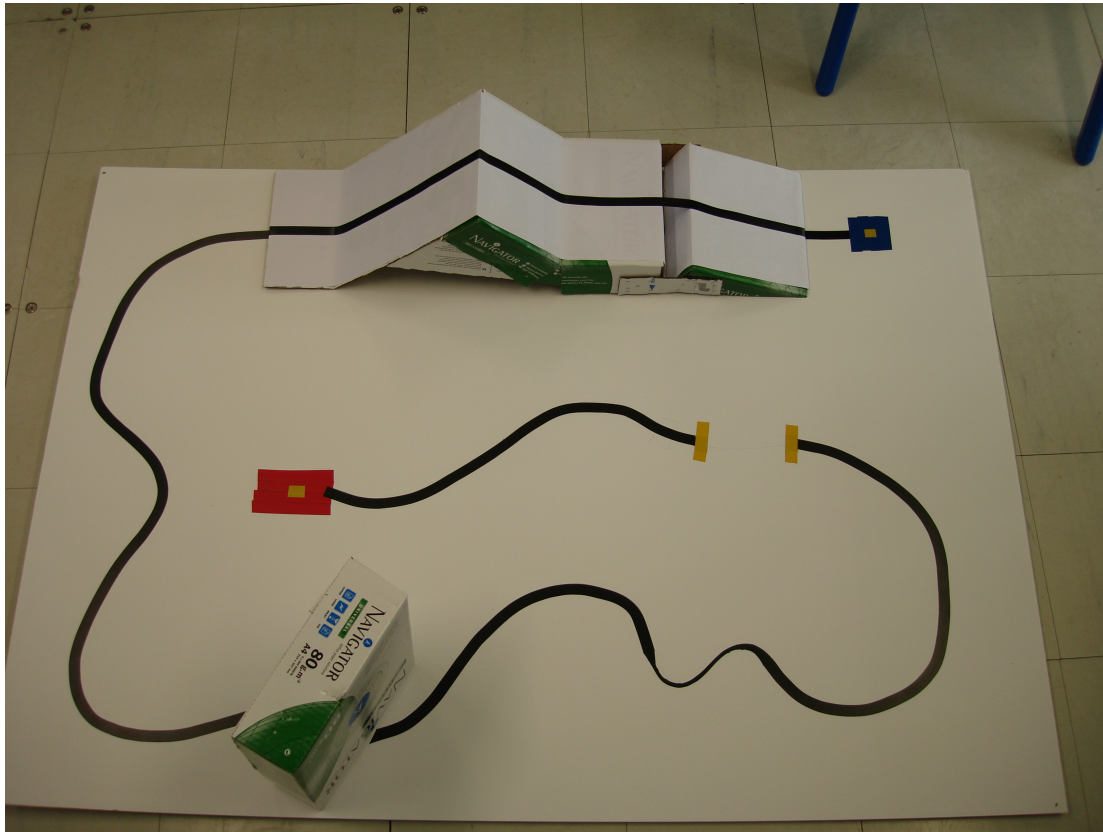


Figura 2. Percurso todo-o-terreno.

2.1. Descreva o comportamento que acha que o robô deve ter para atingir o objectivo do desafio.

2.2. Planifique com uma(s) possível(is) solução(es) para o problema.

Fundamente todas as decisões tomadas.

2.3. Teste o seu protótipo e avalie o seu comportamento.

2.4. Prepare uma breve comunicação do seu percurso neste desafio para os seus colegas de turma.

Anexo II – Ficha de Registo do Processo

Ficha de registo de processo

Sessão nº: _____ Data: ____/____/____

Breve descrição do trabalho realizado na sessão:

Descrição do comportamento dos alunos:

- Questões que levantaram:
- Nível de concentração:
- Principais dificuldades sentidas pelos alunos:
- Envolvimento nas tarefas:
- Estratégias usadas:

Balanço global da sessão (aspectos positivos e negativos; aspectos a melhorar na(s) próxima(s) sessão(ões)):

Anexo III – Escala Colectiva de Desenvolvimento Lógico (ECDL)

CADERNO
E C D L

(Epreuve Collective de Developpement Logique)

3ª Versão Experimental : Helena Maria d'Orey Marchand

LISBOA

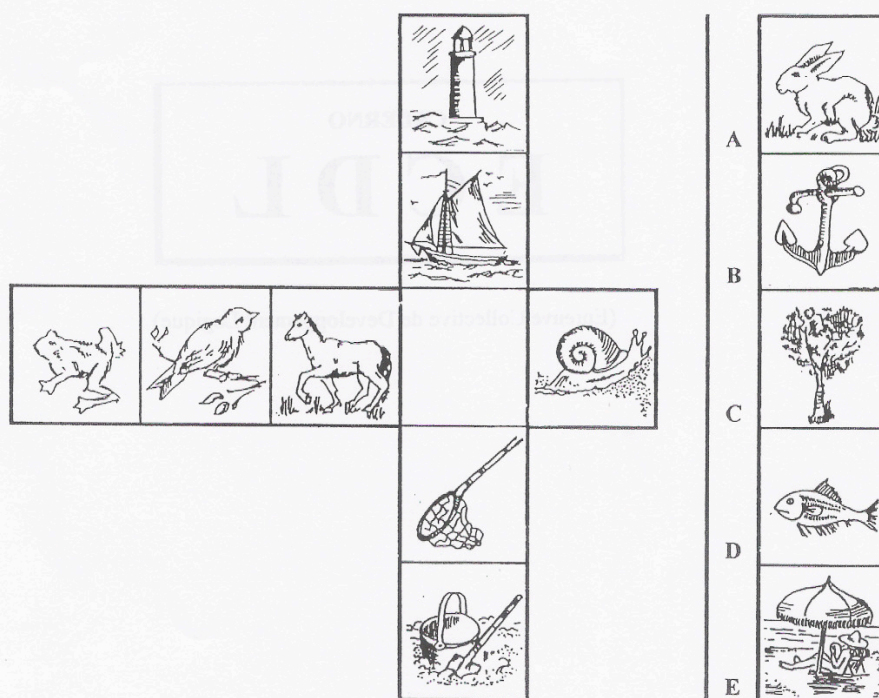
1994

CRUZAMENTOS

Nos exercícios que se seguem são dadas duas séries de desenhos, de palavras ou de grupos de letras. Uma é vertical, a outra é horizontal. Cada uma destas séries é constituída por elementos que se podem ligar de certa maneira.

No cruzamento de duas das séries existe um quadrado vazio. Pede-se-lhe que encontre, entre os 5 quadrados que se situam à direita, o desenho que pertence simultaneamente às duas séries e que deveria estar no quadrado vazio.

Exemplo 1



Se se procurar o que todos os desenhos da série vertical têm em comum, verifica-se que é a ideia de "mar". Todos os desenhos da série horizontal representam animais. No cruzamento deve-se colocar um desenho que represente um animal que viva no mar.

2

A resposta correcta é a resposta D. É por essa razão que se fez uma cruz sobre a letra D na folha de respostas, no lugar correspondente ao exemplo 1 da prova "CRUZAMENTOS".

Exemplo II

	Maria				F	Clara
	Francisca				G	Deolinda
	Catarina				H	Amor-Perfeito
Tulipa		Papoula	Cravo	Lírio	I	Teresa
Isabel					J	Margarida

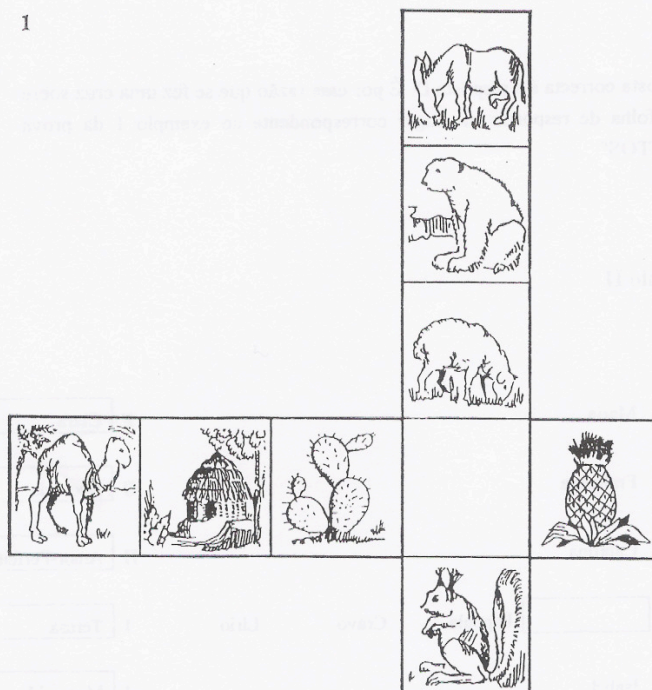
A resposta correcta é Margarida pois é simultaneamente um nome de rapariga (série vertical) e um nome de flor (série horizontal). Na folha de respostas no rectângulo "cruzamentos", ponha uma cruz sobre a letra J na linha Ex. II.

Exemplo III

	KLM				K	EFG
	NOP				L	EOT
ESB		ETN	EOT	ESI	M	JKL
	BCD				N	EMN
	STU				O	DEF

ESPERE PELO SINAL

1



3



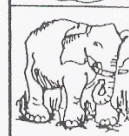
P



Q



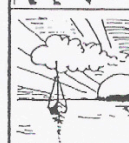
R



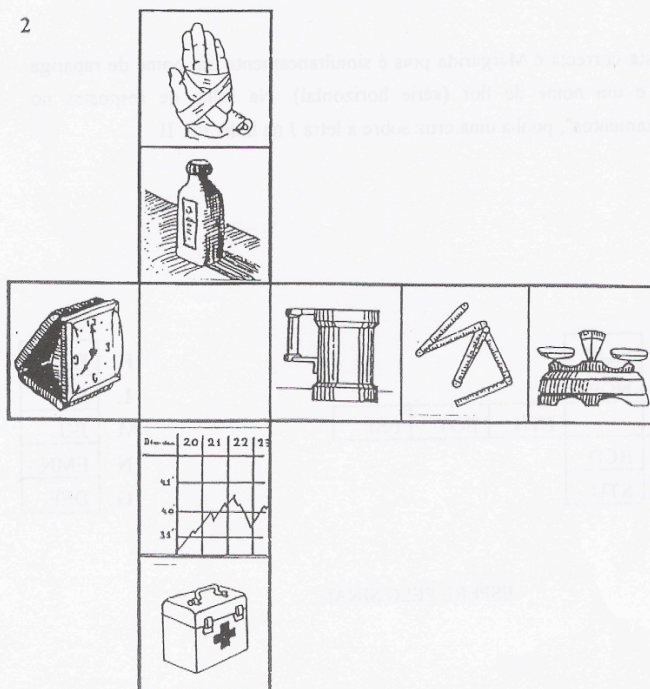
S



T



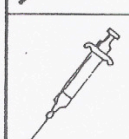
2



U



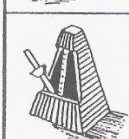
V



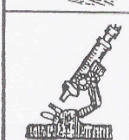
W



X

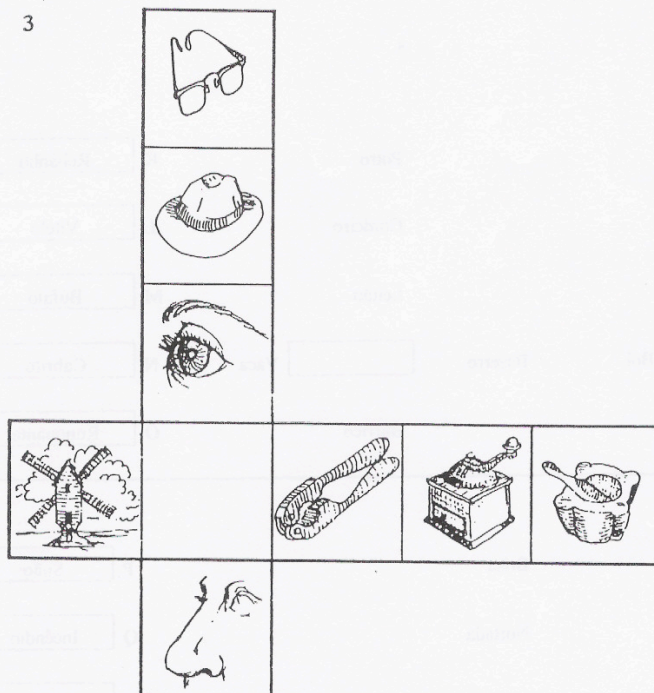


Y



VIRE A PÁGINA E CONTINUE

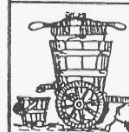
3



A



B



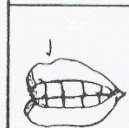
C



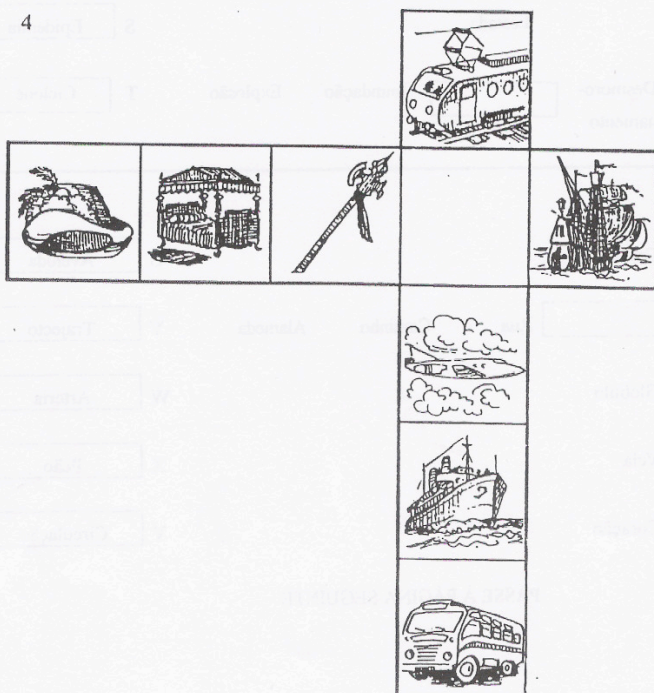
D



E



4



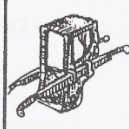
F



G



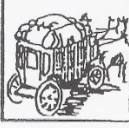
H



I



J



VIRE A PÁGINA E CONTINUE

5

5

		Potro	K	Rebanho
		Cordeiro	L	Vitelo
		Leitão	M	Búfalo
Touro	Boi	Bezerro	N	Cabrito
		<input type="text"/>	O	Ruminante
		Burrico		

6

		Brisa	P	Suão
		Nortada	Q	Incêndio
		Monção	R	Pânico
		Lestada	S	Epidemia
Avalanche	Desmoronamento	<input type="text"/>	T	Ciclone
		Inundação		
		Explosão		

7

		Capilar	U	Avenida
Estrada	<input type="text"/>	Rua	V	Trajecto
		Caminho	W	Artéria
		Alameda	X	Peão
		Glóbulo	Y	Circulação
		Veia		
		Coração		

PASSE À PÁGINA SEGUINTE

6

8

		Martelo		A	Serra	
		Alicate		B	Pá	
Monte	Pico	<div></div>	Cordilheira	Colina	C	Picareta
		Broca		D	Balde	
		Chave de		E	Cume	
		parafusos				

9

			Carvão	F	Electricidade	
Água	Vinho	Tinta	<input type="text"/>	Leite	G	Gasolina
			Madeira	H	Cerveja	
			Cartão	I	Butano	
			Papel	J	Vinagre	

10

	Escudo		K	Milímetro
	Are		L	Medida
	Litro		M	Metro
Centímetro		Quilómetro	N	Unidade
	Gramma		O	Comprimento

VIRE A PÁGINA E CONTINUE

7

11

		XOZ		
CDE	HIJ		ABC	RST
		XAZ		
		XRZ		
		XBZ		

P	ZAZ
Q	XYZ
R	XOB
S	TOZ
T	XEZ

12

EMN				
ERS				
EBC				
	ABG	CDG	IJG	GHG
EAB				

U	EEC
V	EBG
W	EFG
X	ENH
Y	DEG

13

			RBA	
			RDE	
ABB	MNN	FGG		HHI
			RDK	
			RZY	

A	RTT
B	RPP
C	MRR
D	RTS
E	RSS

PASSE À PÁGINA SEGUINTE

8

14

CDC		QRQ	TUT	HIH
	OBF			
	OJP			
	OJH			
	ODB			

F	OPQ
G	OPO
H	ORO
I	ONO
J	AOA

15

				AXB
				IXJ
				KXL
MCF	MSU	MZA	MUE	
				EXP

K	MXA
L	MXR
M	MXV
N	MXN
O	MSN

16

		ACB		
RDO	SDA		ADQ	BDG
		DFE		
		MON		
		PRQ		

P	BDC
Q	BDE
R	ADA
S	FDF
T	BCD

ESPERE PELO SINAL PARA MUDAR A PÁGINA

LÂMPADAS

Um sistema é composto por 2 lâmpadas, a lâmpada A e a lâmpada B, que se apagam ou acendem segundo certas regras. Uma abertura permite ver uma das lâmpadas. Pede-se-lhe para descobrir, através do raciocínio, como estará a outra.

Exemplo I

Regra: Uma só lâmpada está acesa

A lâmpada A está apagada; como está a lâmpada B?

Respostas possíveis:

- a) A lâmpada B está acesa.
- b) A lâmpada B está apagada.
- c) Não se pode saber se a lâmpada B está acesa ou apagada.

Nota: A frase "Não se pode saber" não significa "não sei" mas "ninguém pode saber através do raciocínio".

Neste exemplo, a resposta correcta é a frase a) (A lâmpada B está acesa). É por isso que se fez uma cruz sobre a letra a) da folha de respostas, no lugar correspondente ao exemplo I da prova "lâmpadas".

Exemplo II

Regras: As lâmpadas A e B estão sempre acesas ou apagadas ao mesmo tempo

A lâmpada A está apagada; como está a lâmpada B ?

- d) A lâmpada B está acesa.
- e) A lâmpada B está apagada.
- c) Não se pode saber.

ESPERE PELO SINAL

Regra: Para que a lâmpada A se acenda, é preciso que a lâmpada B esteja acesa.

1. A lâmpada A está acesa; como está a lâmpada B?

- g) A lâmpada B está acesa.
- h) A lâmpada B está apagada.
- i) Não se pode saber.

2. A lâmpada A está apagada; como está a lâmpada B ?

- j) A lâmpada B está acesa.
- k) A lâmpada B está apagada.
- l) Não se pode saber.

3. A lâmpada B está acesa; como está a lâmpada A ?

- m) A lâmpada A está acesa.
- n) A lâmpada A está apagada.
- o) Não se pode saber.

4. A lâmpada B está apagada; como está a lâmpada A ?

- p) A lâmpada A está acesa.
- q) A lâmpada A está apagada.
- r) Não se pode saber.

VIRE A PÁGINA E CONTINUE

11

Agora o sistema é composto por 3 lâmpadas: a lâmpada A, a lâmpada B e a lâmpada C.

A abertura permite ver como estão duas dessas lâmpadas. Pede-se-lhe para descobrir, através do raciocínio, como está a terceira.

Regra: Se a lâmpada A está acesa, então uma das lâmpadas B ou C está também acesa, mas não as duas.

5. A lâmpada B está acesa, a lâmpada C está acesa; como está a lâmpada A ?

- s) A lâmpada A está acesa.
- t) A lâmpada A está apagada.
- u) Não se pode saber.

6. A lâmpada A está apagada, a lâmpada B está apagada; como está a lâmpada C?

- v) A lâmpada C está acesa.
- w) A lâmpada C está apagada.
- x) Não se pode saber.

PARE

11

Agora o sistema é composto por 3 lâmpadas: a lâmpada A, a lâmpada B e a lâmpada C.

A abertura permite ver como estão duas dessas lâmpadas. Pede-se-lhe para descobrir, através do raciocínio, como está a terceira.

Regra: Se a lâmpada A está acesa, então uma das lâmpadas B ou C está também acesa, mas não as duas.

5. A lâmpada B está acesa, a lâmpada C está acesa; como está a lâmpada A ?

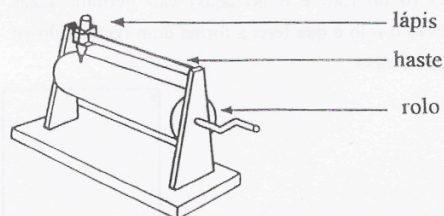
- s) A lâmpada A está acesa.
- t) A lâmpada A está apagada.
- u) Não se pode saber.

6. A lâmpada A está apagada, a lâmpada B está apagada; como está a lâmpada C?

- v) A lâmpada C está acesa.
- w) A lâmpada C está apagada.
- x) Não se pode saber.

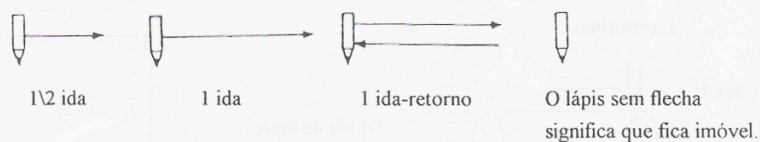
PARE

DESENHOS



Isto é um rolo que se cobriu completamente com uma folha de papel.

Um lápis cuja ponta se apoia sobre o papel, pode deslocar-se, mantendo sempre a mesma velocidade, ao longo da haste de metal que se situa em cima. Os deslocamentos serão indicados da seguinte maneira:

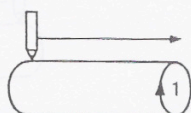


O rolo pode girar à volta do seu eixo.
O número de voltas do rolo será indicado assim:



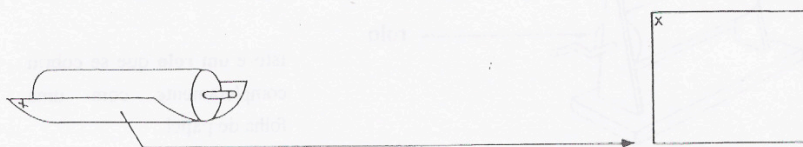
A seta indica o sentido de rotação.

Pode-se também combinar o movimento do rolo com o do lápis, por exemplo:



O rolo dá uma volta enquanto que o lápis faz uma ida. Os dois movimentos começam ao mesmo tempo, efectuam-se à mesma velocidade e acabam ao mesmo tempo.

Estes movimentos diferentes (o do rolo e o do lápis) vão permitir fazer desenhos na folha de papel que envolve o rolo e que teria a forma dum rectângulo se fosse retirada do rolo e colocada sobre a mesa:



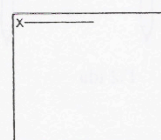
A cruz indica sempre o ponto de partida do lápis. Pede-se-lhe, em cada movimento ou conjunto de movimentos, para descobrir o desenho que o lápis pode efectuar sobre a folha de papel.

Exemplos:

Ex.I:

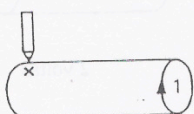


1/2 ida do lápis



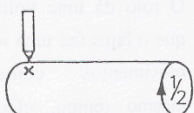
Responda aos exemplos II e III na folha de respostas.

Ex II:



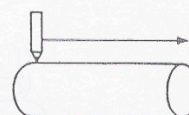
1 volta do rolo

Ex.III:



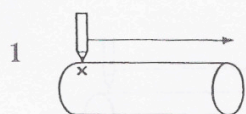
1/2 volta do rolo

depois

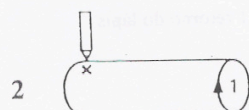


1 ida do lápis

ESPERE PELO SINAL

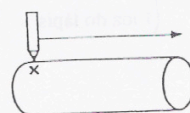


1 ida do lápis

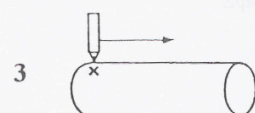


1 volta do rolo

depois

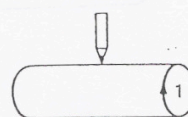


1 ida do lápis



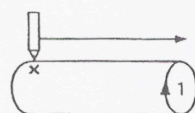
1/2 ida

depois



1 volta do rolo

4

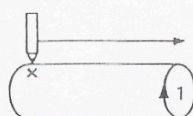


Ao mesmo tempo:

{ 1 volta do rolo
1 volta do lápis

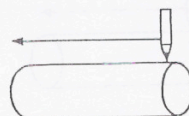
VOLTE A PÁGINA E CONTINUE

5



Ao mesmo tempo:

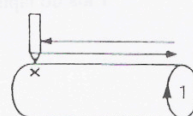
1 volta do rolo
1 ida do lápis



depois

1 retorno do lápis

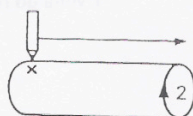
6



Ao mesmo tempo:

1 volta do rolo
1 ida e retorno do lápis

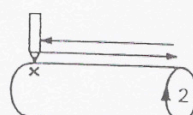
7



Ao mesmo tempo:

2 volta do rolo
1 ida do lápis

8



Ao mesmo tempo:

2 voltas do rolo
1 ida e retorno do lápis

E.C.D.L.

Nome: _____
 Data de Nascimento- __/__/__ Idade- __ anos Data de hoje __/__/__
 Ano-__ Turma-_____
 Estabelecimento de ensino- _____

JOGO DE PALAVRAS

Trata-se de colocar letras em quadrados.

Por exemplo: podemos colocar de duas maneiras diferentes as letras S e N em dois quadrados.

S	N
---	---

N	S
---	---

De quantas maneiras diferentes acha que se podem colocar as três letras S, N, R, em três quadrados?

Tente escrever essas diferentes possibilidades de colocação nos quadrados que se seguem.

(Não se prenda ao número de séries de quadrados, pois não corresponde ao número total de arranjos possíveis).

S	N	R						

ESPERE PELO SINAL PARA VIRAR A PÁGINA

1º Escreva todas as maneiras diferentes de colocar as 3 letras A, E, I, em três quadrados:

A	E	I									

2º Escreva todas as maneiras diferentes de colocar as quatro letras A, E, I, O, em quatro quadrados:

A	E	I	O												

3º Sem as escrever, diga quantas maneiras existem de colocar 5 letras em quadrados. Indique como obteve esse número.

4º A mesma questão para 6 letras.

ECDL

Folha de respostas.

NOME _____
 DATA DE NASCIMENTO ____/____/____ IDADE ____ ANO ____ TURMA ____
 ESTABELECIMENTO _____ DATA de HOJE ____/____/____
 HABILITAÇÕES LITERÁRIAS _____
 PROFISSÃO _____

CRUZAMENTOS

Ex. I A B C D E
 Ex. II F G H I J
 Ex. III K L M N O

1 P Q R S T
 2 U V W X Y
 3 A B C D E
 4 F G H I J
 5 K L M N O
 6 P Q R S T
 7 U V W X Y
 8 A B C D E
 9 F G H I J
 10 K L M N O

11 P Q R S T
 12 U V W X Y
 13 A B C D E
 14 F G H I J
 15 K L M N O
 16 P Q R S T

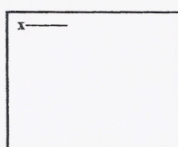
LÂMPADAS

Ex. I a b c
 Ex. II d e f

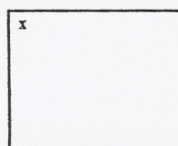
1 g h i
 2 j k l
 m n o
 4 p q r
 5 s t u
 6 v w x

DESENHOS

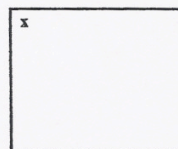
Exemplos



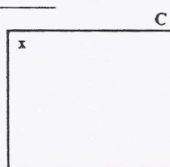
Ex. I



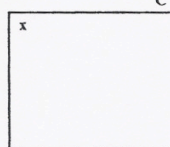
Ex. II



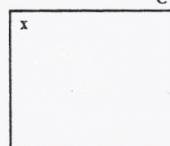
Ex. III



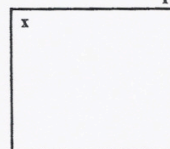
I



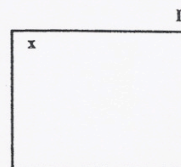
2



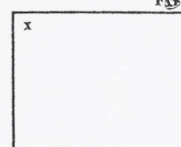
3



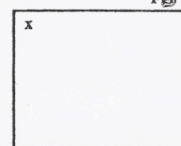
4



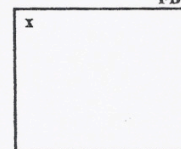
5



6



7



8

JOGO DE PALAVRAS

C FA FB

CONJUNTO DAS PROVAS

C+ I+ FA+ FB =
 Sobre 6 Sobre 6 Sobre 4 Sobre 4

Anexo IV – Prova de Planejamento

PROVA DE PLANEAMENTO – 2ª versão

Uma fábrica de reciclagem de papel necessita de um sistema de automação para a recolha dos pacotes de papel.

Na figura encontra-se esquematizada a linha de montagem da fábrica.

- Nos cruzamentos da linha de montagem, estão assinalados a verde o número de pacotes que devem ser transportados para a linha principal e posteriormente para o reciclador de papel.

Os donos da fábrica pediram a uma empresa de robótica um estudo de viabilidade da recolha dos pacotes com um sistema robótico.

A empresa de robótica apresentou a proposta seguinte:

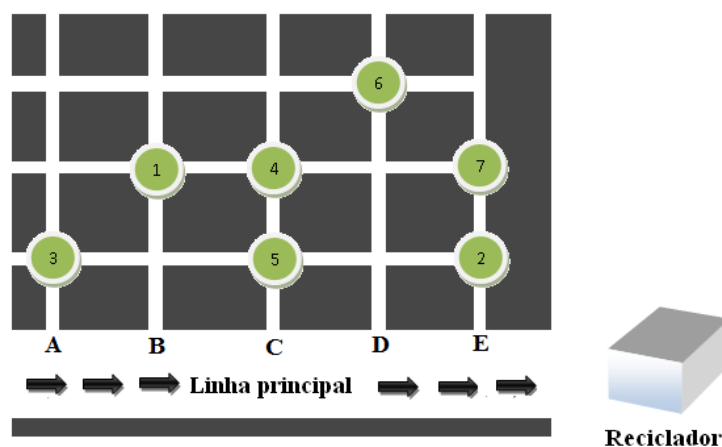
- o sistema é constituído por dois robôs;
- o robô Sênior, devido às suas dimensões, só pode recolher os pacotes de papel na linha principal;
- o robô **Júnior** faz a recolha dos pacotes de papel nos corredores nos pontos assinalados a verde, **transportando apenas um pacote de cada vez**. O Júnior deve levar os pacotes todos para um dos cruzamentos assinalados pelas letras A, B, C, D e E.

Admitindo que o Júnior demora **1 minuto** a percorrer um troço entre dois cruzamentos, em que local o Júnior deve colocar todos os pacotes para demorar o menor intervalo de tempo possível, para que o Sênior os leve para o reciclador de papel?

Apresente todas as etapas do seu plano.

Notas:

- o Júnior pode circular também na linha principal.*
- O tempo que o Sênior demora a levar os pacotes todos dos diferentes cruzamentos (A, B, C, D ou E) para o reciclador é sempre o mesmo.*



PROVA DE PLANEAMENTO**FOLHA DE RESPOSTAS**

NOME: _____

Hora de início: _____ Hora de fim: _____ Número de
tentativas: _____**Resposta:**

Cruzamento: _____ Intervalo de tempo: _____

Etapas da resolução:

1ª tentativa:

2ª tentativa:

3ª tentativa:

4ª tentativa:

Análise da prova de planeamento

Informação quantitativa:

- tempo de duração da prova;
- número de tentativas;
- resposta correcta:
 - Ponto de início do percurso (posição inicial);
 - Letra que representa o cruzamento (posição final);
 - Intervalo de tempo, Δt .
- forma de representação da solução:
 - 1 – Reproduz o esquema, desenha caminho e faz a soma dos intervalos de tempo;
 - 2 – Estabelece uma sequência de passos e faz a soma dos intervalos de tempo;
 - 3 – Representa a solução sob a forma de texto;

Informação qualitativa:

Nível de desempenho	Descrição dos desempenhos
1	_o aluno experimenta os cruzamentos A, B, C, D e E; _não tem a percepção inicial da hipótese correcta; _não discrimina qual a melhor hipótese de posição inicial.
2	_o aluno experimenta o(s)cruzamento(s) B ou C ou D ou E; _não reconhece a importância da posição inicial; _pode apresentar o intervalo de tempo certo ou errado.
3	_o aluno experimenta as hipóteses correspondentes aos cruzamentos C ou D ou E e selecciona o hipótese D; _não reconhece a importância da posição inicial; _pode apresentar o intervalo de tempo certo ou errado.
4	_o aluno experimenta as hipóteses correspondentes aos cruzamentos C ou D ou E e selecciona o hipótese D; _tem a percepção de que existe uma posição inicial mais adequada (por exemplo, neste nível podem ser as posições representadas por 3 ou 7), de acordo com o critério:”devo começar pelos que estão mais longe para poupar mais tempo”; _pode representar o intervalo de tempo certo ou errado.
5	_o aluno experimenta as hipóteses correspondentes aos cruzamentos C ou D ou E e selecciona o hipótese D; _tem a percepção de que existe uma posição inicial mais adequada (por exemplo, neste nível podem ser as posições representadas por 3 ou 7), de acordo com o critério:”devo começar pelos que estão mais longe para poupar mais tempo”; ou considera o ponto de partida coincidente com o ponto de chegada. _representa o intervalo de tempo certo.
6	_o aluno selecciona a hipótese D; _tem a percepção de que existe uma posição inicial mais adequada é a representada por 1, pois o Júnior só tem de fazer uma viagem até ao cruzamento D; _pode representar o intervalo de tempo certo ou errado.

7	<ul style="list-style-type: none">_o aluno selecciona a hipótese D;_tem a percepção de que existe uma posição inicial mais adequada é a representada por 1, pois o Júnior só tem de fazer uma viagem até ao cruzamento D;_representa o intervalo de tempo certo.
---	--

Anexo V – Questionário: Relação da Robótica com a Física

Questionário

Relação entre a robótica e a Física

Nome: _____

Com este questionário pretende-se que:

- 1) faça uma listagem de conceitos/leis físicos(as) que considere ter utilizado para a resolução dos problemas de robótica tratados durante as aulas;
- 2) ordene os conceitos/leis por ordem de relevância para o processo de resolução dos problemas, isto é, do mais relevante para o menos relevante.

Instruções:

- Para responder a este questionário tem de utilizar os conceitos/leis que se encontram listados no quadro de conceitos;
- A cada conceito está associada uma letra, e portanto quando pretender usar um conceito do quadro deve representá-lo pela respectiva letra;
- Pode também usar outros conceitos que não se encontrem no quadro de conceitos, basta então escrever por extenso o nome do conceito/lei.

Quadro de conceitos:

Conceito/lei:	Letra para a representação:
Atrito	A
Campo magnético	B
Circuito eléctrico	C
Difracção das ondas	D
Efeito fotoeléctrico	E
Energia cinética	F
Energia potencial	G
Força	H
Lei de Faraday (indução electromagnética)	I
Lei de Hooke	J
Lei do trabalho-energia	K
Lei fundamental da Dinâmica	L
Leis de Newton	M
Movimentos uniformes e uniformemente variados	N
Ondas electromagnéticas	O
Ondas mecânicas	P
Posição, velocidade e aceleração	Q
Reflexão das ondas	R
Refracção das ondas	S
Trabalho de uma força	T
Trajectória	U

Repostas:

Actividade/desafio	Conceito/leis envolvidos(as)	Ordem de importância (do mais importante para o menos importante)
Actividade 1		
Desafio 1 – “Sensor de luz”		
Desafio 2 – “Tacteando”		
Desafio 3 – “Tacteando apoiado”		
Desafio 4 – “Sensor de ultra-som”		
Desafio 5 – “Tacteando com tudo”		
Desafio 6 – “Vagueando”		
Actividade 2		
Desafio 1 – “Segue a linha e apanha a bola...”		
Desafio 2 – “Robô TT”		

Anexo VI – Guião da Entrevista Semi-Estruturada

Guião de entrevista de investigação

Mestrado em Ciências da Educação – área de especialização em Tecnologias Educativas.

Tema	Resolução de problemas de robótica com o kit Lego Mindstorms.
Objectivos gerais	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recolher opiniões que permitam obter a representação dos alunos sobre a resolução de problemas de robótica. 2. Recolher elementos sobre a forma como os alunos resolvem os problemas de robótica. 3. Recolher a opinião dos alunos sobre a metodologia de projecto e robótica educacional.
Blocos temáticos	<ol style="list-style-type: none"> A. Legitimação da entrevista. B. Caracterização do entrevistado. C. Representação do problema. D. Planeamento. E. Execução dos protótipos. F. Avaliação da experiência. G. Validação da entrevista.
Estratégia	<p>Entrevista semi-directiva.</p> <p>Os blocos temáticos encontram-se organizados sequencialmente ao longo do guião de entrevista. Contudo, admite-se que no decurso da entrevista possam ser levantadas questões pertinentes que sejam relevantes para a compreensão mais profunda do fenómeno em estudo. Estas alterações devem decorrer de acordo com as reacções do entrevistado.</p>
Táctica	<p>Começa-se pela primeira questão do bloco temático, para se garantir a introdução do tema pretendido. As questões encontram-se assinaladas a negrito.</p>

Bloco	Objectivos específicos	Tópicos	Questões	Observações
A. Legitimação da entrevista	<p>Informar o entrevistado acerca dos objectivos da entrevista e do contexto em que insere;</p> <p>Valorizar o contributo do entrevistado para a investigação.</p>	<p>Referir sumariamente os objectivos da entrevista e do trabalho de investigação;</p> <p>Utilização dos dados recolhidos;</p> <p>Realçar a importância da participação e colaboração do entrevistado para o trabalho de investigação.</p>	<p>Estou a realizar uma investigação sobre robótica educacional, pelo que necessito do seu contributo para este trabalho.</p> <p>Interessa-me conhecer a forma como os alunos representam, planificam e resolvem os problemas de robótica no ensino secundário.</p> <p>Os dados recolhidos serão tratados garantido a confidencialidade e o anonimato.</p> <p>Deseja mais algum esclarecimento sobre o trabalho de investigação? Ou acerca desta entrevista?</p> <p>Autoriza a gravação da</p>	<p>Realçar bem que se trata de um estudo sobre resolução de problemas em robótica no ensino secundário. Por este motivo a participação e colaboração dos entrevistados é de extrema importância.</p> <p>Garantir confidencialidade e anonimato do entrevistado e a protecção dos dados gravados.</p> <p>Mostrar sempre disponibilidade para esclarecimento de dúvidas.</p>

			entrevista de modo a facilitar o posterior tratamento e análise dos resultados? Agradeço desde já a sua colaboração sem a qual a realização deste estudo não seria possível.	Agradecer a participação do entrevistado. (2-3 min.)
B. Caracterização do entrevistado	Conhecer os dados pessoais do entrevistado.		Solicitar ao entrevistado informações sobre preferências em termos de opção para o ensino superior e percurso profissional futuro.	(1 min.)
C. Representação do problema	Recolher elementos sobre a forma como os alunos representam o problema; Recolher elementos sobre a perspectiva que alunos têm da importância/utilidade da representação do problema	Pretende-se conhecer a forma como os alunos representam o problema (se fazem um esquema, se usam alguma ferramenta informática de design, etc.); Também se torna importante conhecer se os alunos têm a	1. Na resolução dos vossos problemas de robótica que tipo de representação fizeram do problema (por exemplo, esquema, utilização de ferramenta de design ou outro) 2. Sentiram necessidade de o fazer? Porquê? 3. Na sua opinião essa	Usar exemplos concretos das aulas para estimular o entrevistado a desenvolver a sua resposta.

	no seu processo de resolução.	percepção da importância desta etapa na resolução dos problemas.	representação foi útil para a resolução do vosso problema? Porquê? 4. Quais foram as principais dificuldades sentidas nesta etapa da resolução do vosso problema? 5. Acha que esta etapa é relevante para se chegar à solução do problema? Porquê?	(5-7 min.)
D. Planeamento	<p>Conhecer a forma como os alunos planearam a resolução dos problemas;</p> <p>Conhecer as concepções dos alunos sobre a fase de planeamento da resolução de um problema de robótica.</p>	<p>Tipo de planeamento</p> <p>Utilidade do planeamento</p> <p>Flexibilidade do planeamento</p> <p>Planeamento e a relação com outros problemas e diferentes domínios científicos</p>	6. Quando se propuseram a resolver os problemas apresentados, fizeram algum tipo de planeamento de estratégia de resolução? 7. Que tipo de planeamento utilizaram? (por exemplo, passo a passo, seguindo um ordem criteriosa, etc.) 8. Seguiram sempre a vossa planificação até ao fim?	Usar exemplos concretos das aulas para estimular o entrevistado a desenvolver a sua resposta.

		(matemática e física)	<p>9. Sentiram necessidade de alterar a planificação? Porquê?</p> <p>10. Durante esta fase a resolução do problema usaram algum conhecimento de problemas anteriores? De que forma esse problemas “antigos” ajudam a resolver o novo problema?</p> <p>11. No planeamento da vossa estratégia usaram conhecimentos de outros domínios científicos? Quais?</p>	(5-7min.)
E. Execução dos protótipos	Conhecer a forma como os alunos monitorizam o processo de execução dos seus protótipos.	Neste bloco pretende-se que os alunos descrevam a forma como fizeram a monitorização da execução da protótipos (por exemplo, construção mecânica + programação +	<p>12. Durante a construção dos vossos protótipos fizeram um monitorização do vosso trabalho. Gostaria que me descrevesse esse processo.</p>	<p>Usar um exemplo concreto para estimular o entrevistado a desenvolver a sua resposta.</p> <p><i>Ex: Seguir a linha (referir a posição do sensor (mecânica) + medir</i></p>

		experimentação + reformulação).		<i>intensidade da radiação no branco e no preto + experimentar + reformular limites de leitura do sensor (programação).</i> (2-4 min.)
F. Avaliação da experiência	<p>Conhecer a percepção dos alunos sobre este tipo de trabalho/metodologia;</p> <p>Averiguar se os alunos têm a consciência do tipo de competências trabalhadas;</p> <p>Conhecer a percepção dos alunos sobre o papel dos professores neste tipo de actividade.</p>	<p>Percepção dos alunos sobre a metodologia de trabalho;</p> <p>Percepção dos alunos sobre as competências trabalhadas com as actividades;</p> <p>Percepção dos alunos sobre o papel dos professores na implementação das actividades.</p>	<p>13. Decorrida esta experiência, como avalia a sua experiência com as actividades de robótica?</p> <p>14. Qual é a opinião sobre este tipo de actividade?</p> <p>15. Indique duas vantagens e duas desvantagens deste tipo de actividade?</p> <p>16. Qual o aspecto mais positivo e o aspecto mais negativo?</p> <p>17. Para além dos conhecimentos de programação e de construção</p>	

			<p>mecânica, que outros conhecimento pensa ter trabalhado?</p> <p>18. Como descreve, de um forma muito sumária, a sua evolução desde o início do ano até ao final na disciplina de Área de Projecto?</p> <p>19. Em relação aos professores, como avalia o papel dos professores no acompanhamento das tarefas proposta?</p> <p>20. E em relação aos materiais fornecidos?</p>	(5-7 min.)
G. Validação da entrevista	Recolher informação não prevista ou não solicitada anteriormente e que seja relevante para a investigação;	Aspectos mais importantes não abordados na entrevista; Reacções;	Há alguma situação que considere relevante no que se refere à resolução de problemas de robótica que não tenha sido abordada nesta	

	<p>Averiguar as reacções do entrevistado à situação de entrevista;</p> <p>Recolher sugestões do entrevistado acerca dos tópicos abordados na entrevista;</p> <p>Concluir a entrevista.</p>	<p>Sugestões;</p> <p>Agradecimentos.</p>	<p>entrevista?</p> <p>Qual é a sua opinião sobre a entrevista?</p> <p>Mais um vez agradeço a sua disponibilidade e colaboração, que são fundamentais para a realização desta investigação.</p>	<p>(2-4 min.)</p>
--	--	--	---	-------------------

Tempo total previsto para cada entrevista: 22 – 26 min.